



**SKRIPSI – 141501**

**Analisa *Engine Perform* dan *Combustion Process* dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel – Minyak Kemiri Sunan**

**Fiki Ardian Setio Budi  
4212100002**

**Dosen Pembimbing:  
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



**THESIS - 141501**

**Engine Perform and Combustion Process Analysis Diesel  
Engine from Biodiesel – Kemiri Sunan Oil [*Reutealis  
Trisperma (Blanco) Airy Shaw*]**

**Fiki Ardian Setio Budi  
4212100002**

**Academic Supervisor:  
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D**

**MARINE ENGINEERING DEPARTEMENT  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## **LEMBAR PENGESAHAN**

***Analisa Engine Perform dan Combustion Process dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel – Minyak Kemiri Sunan***

### **Skripsi**

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan  
memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi Marine Power Plant (MPP) Program Studi S-1  
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Oleh:

**Fiki Ardian Setio Budi**  
**NRP. 4212 100 002**

Disetujui oleh Dosen Pemimbing Skripsi :

Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D  
NIP: 1956 0519 1986 10 1001



Surabaya  
Juli, 2016

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## LEMBAR PENGESAHAN

### ***Analisa Engine Perform dan Combustion Process dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel – Minyak Kemiri Sunan***

#### **Skripsi**

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan  
memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP) Program Studi S-1  
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Fiki Ardian Setio Budi**  
**NRP. 4212 100 002**

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan:



  
**Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST. MT**  
**NIP: 1977 0802 2008 01 1007**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



## ***Analisa Engine Perform dan Combustion Process dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel – Minyak Kemiri Sunan***

Nama Mahasiswa : Fiki Ardian Setio Budi  
NRP : 4212 100 002  
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah,  
M.Eng, Ph.D

### **Abstrak**

Permasalahan Indonesia yang dialami pada akhir – akhir ini adalah krisis energi. Sehingga diperlukan suatu energi bahan bakar alternatif yang dapat menggantikan bahan bakar fosil, seperti contohnya biodiesel Kemiri Sunan. Dengan biodiesel Kemiri Sunan, dilakukan penelitian dengan mencari karakteristik *properties* beserta dengan pengaruh biodiesel terhadap proses pembakaran dan performansi mesin diesel. Metode yang digunakan penulis dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode eksperimen. Karakteristik *properties* biodiesel Kemiri Sunan sebagian besar memenuhi syarat dari standar biodiesel nasional yang telah ditetapkan. proses pembakaran dan performansi motor diesel dilakukan dengan menggunakan 100% minyak solar B0, Biosolar, dan campuran biodiesel B15 dan B20 (Kemiri Sunan). Dari proses penelitian antara uji *properties*, proses pembakaran dan uji performansi, ternyata saling berkaitan antara satu sama lain. Biosolar mengalami prestasi kerja yang lebih bagus dibandingkan dengan B15 dan B20 . Nilai SFOC Biosolar paling rendah diantara bahan bakar yang lain.. Pada Proses penelitian ini Biodiesel kemiri sunan memiliki karakteristik yang lebih jelek dari pada Biosolar. Hal tersebut dapat dilihat dari energi panas yang terbuang yang lebih besar dan ignition delay yang lebih lambat.

***Keywords :*** Biodiesel, Minyak Kemiri Sunan, *Properties*, Motor Diesel, Analisis Proses Pembakaran, dan Uji Performansi.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## **Engine Perform and Combustion Process Analysis Diesel Engine from Biodiesel – Kemiri Sunan Oil**

Student Name : Fiki Ardian Setio Budi  
NRP : 4212 100 002  
Departement : Marine Engineering  
Academic Supervisor : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah,  
M.Eng, Ph.D

### **Abstract**

Nowadays, Indonesia is facing the crysis in energy sector. There should be a new renewable energy to substitute fossil fuel such as [*Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*] biodiesel. Before substitute fossil fuel with [*Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*] biodiesel there should be a research to test the propertes of this biodiesel and its effect to the engine performance and combustion process of diesel engine by experiment. The experiment's result will beused to prove the potency of [*Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*] biodiesel as the ingredient for biodiesel. The properties of [*Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*]mostly meet the requirement of national biodiesel standard. Combustion process and engine performance was done by using 100% diesel fuel, biosolar, B15 and B20. This experiment include fuel properties test, combustion process and engine performance test are related with the others. Biosolar can reach better performance than B15 and B20. The lowest SFOC is diesel fuel compared by the other fuel variation. In this eksperimen, [*Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*] biodisel have lower characteristic than biosolar. That can be seen in bigger heat release and slower ignition delay.

**Keywords :** *Biodiesel, Kemiri Sunan Oil, Properties, Diesel Motor, Combustion Process, and engine perform test.*

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
Abstrak.....	ix
Abstract.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xx
DAFTAR TABEL.....	xxviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Permasalahan .....	3
1.4. Tujuan Permasalahan .....	4
1.5. Manfaat Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
BAB III METODOLOGI .....	11
3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	13
3.2. Studi Literatur .....	13
3.3. Persiapan Bahan dan Produksi Biodiesel .....	13
3.4. <i>Engine Set Up</i> .....	15
3.5. Pra Eksperimen .....	16

3.6. Eksperimen.....	16
3.7. Pengumpulan Data .....	16
3.8. Analisa Data dan Pembahasan.....	17
3.9. Kesimpulan dan Saran.....	17
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	19
4.1. Produksi Biodiesel.....	19
4.1.1. Pengepresan Biji kemiri Sunan .....	20
4.1.2. Proses Pemisahan Gum .....	21
4.1.3. Pengujian FFA ( <i>Free Fatty Acid</i> ).....	22
4.1.4. Proses Esterifikasi.....	23
4.1.5. Proses Transesterifikasi.....	24
4.1.6. Pencucian Biodiesel Kemiri Sunan .....	25
4.1.7. Pengeringan Biodiesel Kemiri Sunan.....	26
4.2. Properties Biodiesel Kemiri Sunan.....	27
4.2.1. <i>Water Content</i> (Kadar Air).....	28
4.2.2. <i>Density</i> (Berat Jenis) .....	29
4.2.3. Viskositas.....	29
4.2.4. <i>Flash Point</i> (Titik Nyala).....	30
4.2.5. <i>Pour Point</i> (Titik Tuang) .....	30
4.2.6. <i>Lower Heating Value</i> (Nilai Kalor/Panas).....	31
4.3. Pengaruh Biodiesel Kemiri Sunan Dalam Pengujian Proses Pembakaran ( <i>Combustion Proseses</i> ) .....	32
4.3.1. Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 2100 Dengan <i>Load</i> 100 % .....	33
4.3.2. Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 2100 Dengan <i>Load</i> 100%.....	35

4.3.3. Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 2100 Dengan Load 100 % .....	36
4.3.4. Analisa <i>Ignition Delay</i> RPM 2100 Dengan Load 100 % .....	38
4.4. Pengaruh Biodiesel Kemiri Sunan Dalam Uji Peformansi Motor Diesel.....	39
4.4.1. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX .....	40
4.4.2. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar .....	41
4.4.3. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B15 (Kemiri Sunan) .....	42
4.4.4. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B20 (Kemiri Sunan) .....	43
4.4.5. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1800 .....	45
4.4.6. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1900 .....	46
4.4.7. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2000 .....	47
4.4.8. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2100 .....	48
4.4.9. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2200 .....	49
4.4.10. Perbandingan Antara Daya Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> . .....	50

4.4.11. Perbandingan Antara Torsi Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> .....	51
4.4.12. Perbandingan Antara SFOC Dengan RPM Pada Daya Maksimum.....	52
4.4.13. Perbandingan Antara BMEP Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> .....	53
4.4.14. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX .....	54
4.4.15. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar .....	55
4.4.16. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan B15 (Kemiri Sunan) .....	56
4.4.17. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan B20 (Kemiri Sunan) .....	57
4.4.18. Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1800....	58
4.4.19. Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1900....	59
4.4.20. Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2000....	60
4.4.21. Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2100....	61
4.4.22. Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2200....	62
4.4.23. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap	



Putaran Pada Daya Maksimal Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan .....	63
BAB V <u>KESIMPULAN DAN SARAN</u> .....	65
5.1. Kesimpulan .....	65
4.1. Saran .....	67
DAFTAR PUSTAKA .....	69
LAMPIRAN.....	71
Lampiran Uji <i>Properties</i> .....	71
Lampiran Pelaksanaan Uji Performansi dan <i>Combustion Process</i> Motor Diesel .....	75
Lampiran Grafik Combustion Engine Pada RPM 1800,1900, 2000, dan 2200.....	81
Lampiran Perhitungan <i>Ignition Delay</i> .....	122
Lampiran Rumus Perhitungan <i>Engine Performansi</i> .....	130
BIODATA PENULIS.....	137

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik <i>Max preasure Vs Crank angle degree</i> ...	9
Gambar 2.2 Grafik <i>Heat release Vs Crank angle degree</i> .....	10
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian .....	12
Gambar 3.2 <i>Engine Set Up</i> .....	15
Gambar 4.1 Proses pengepresan biji kemiri sunan .....	20
Gambar 4.2 Proses Pemisahan <i>gum</i> atau getah .....	21
Gambar 4.3 Proses titrasi dan pengujian FFA minyak kemiri sunan.....	23
Gambar 4.4 Proses esterifikasi minyak kemiri sunan .....	24
Gambar 4.5 Proses transesterifikasi minyak kemiri sunan .....	25
Gambar 4.6 Proses pencucian biodiesel kemiri sunan .....	26
Gambar 4.7 Proses pengeringan biodiesel kemiri sunan. ....	26
Gambar 4.8 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 2100 Dengan <i>Load</i> 100% Dari Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan) .....	33
Gambar 4.9 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut $-10^0$ Sampai $15^0$ di RPM 2100 Dengan <i>Load</i> 100% .....	34
Gambar 4.10 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 2100 Dengan <i>Load</i> 100 % Dari Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan). ....	36
Gambar 4.11 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 2100 Dengan <i>Load</i> 100% Dari Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan). ....	36
Gambar 4.12 Grafik Analisa <i>Ignition Delay</i> Pada RPM 2100 Dengan <i>Load</i> 100% Dari Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan). ....	38
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX .....	40
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX .....	41
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B15 (Kemiri Sunan) .....	42

Gambar 4.16 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B20 (Kemiri Sunan) .....	43
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1800 .....	45
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1900 .....	46
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2000 .....	47
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2100 .....	48
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2200 .....	49
Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Daya Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> Pada Setiap Jenis Bahan Bakar .....	50
Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Torsi Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> Pada Setiap Jenis Bahan Bakar .....	51
Gambar 4.24 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Putaran <i>Engine</i> Pada Daya Maksimum .....	52
Gambar 4.25 Grafik Perbandingan BMEP Dengan Putaran <i>Engine</i> Pada Daya Maksimum .....	53
Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya <i>Engine</i> Pada Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX .....	54
Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya <i>Engine</i> Pada Jenis Bahan Bakar BioSolar .....	55
Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya <i>Engine</i> Pada Jenis Bahan Bakar B15 (Kemiri Sunan) .....	56

Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya Engine Pada Jenis Bahan Bakar B15 (Kemiri Sunan) .....	57
Gambar 4.30 Grafik Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1800 .....	58
Gambar 4.31 Grafik Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1900 .....	59
Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2000 .....	60
Gambar 4.33 Grafik Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2100 .....	61
Gambar 4.34 Grafik Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2200 .....	62
Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Putaran Pada Daya Maksimal .....	63
Gambar Lampiran 1 Lokasi Pemasangan <i>Pressure Transducer</i> dan Tempat <i>Rotating Encoder</i> .....	76
Gambar Lampiran 2 Pemasangan Rotari Encoder ke Analog TMR Instrument .....	77
Gambar Lampiran 3 Setting Analog In & Engine Properties.....	78
Gambar Lampiran 4 Kalibrasikan <i>Angle Degree</i> Secara Otomatis .....	79
Gambar Lampiran 5 Persiapan Penyajian Data <i>Combustion Process</i> .....	80
Gambar Lampiran 6 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 0% .....	81
Gambar Lampiran 7 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut -10 <sup>0</sup> Sampai 15 <sup>0</sup> di RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 0% .....	82
Gambar Lampiran 8 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 0 % .....	82

Gambar Grafik Lampiran 9 Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 0% .....	83
Gambar Lampiran 10 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 25% .....	84
Gambar Lampiran 11 Grafik Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut $-5^0$ sampai $15^0$ di RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 25% .....	84
Gambar Lampiran 12 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 25 % .....	85
Gambar Lampiran 13 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 25% .....	85
Gambar Lampiran 14 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 50% .....	86
Gambar Lampiran 15 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut $-5^0$ Sampai $20^0$ di RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 50% .....	86
Gambar Lampiran 16 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 50 % .....	87
Gambar Lampiran 17 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 50 % .....	87
Gambar Lampiran 18 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 75% .....	88
Grafik Lampiran 19 Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut $-5^0$ Sampai $20^0$ di RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 50% .....	88
Gambar Lampiran 20 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 75% .....	89
Gambar Lampiran 21 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 75% .....	89
Gambar Lampiran 22 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 100% .....	90
Gambar Lampiran 23 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut $-5^0$ Sampai $20^0$ di RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 100% .....	90
Gambar Lampiran 24 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 100 % .....	91
Gambar Lampiran 25 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 1800 Dengan <i>Load</i> 100% .....	91

Gambar Lampiran 26 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 0% .....	92
Gambar Lampiran 27 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut -10 <sup>0</sup> Sampai 15 <sup>0</sup> RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 0% .....	92
Gambar Lampiran 28 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 0 % .....	93
Grafik Lampiran 29 Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 0% .....	93
Grafik Lampiran 30 Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 25% .....	94
Grafik Lampiran 31 Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut -10 <sup>0</sup> Sampai 15 <sup>0</sup> RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 25% .....	94
Grafik Lampiran 32 Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 25% .....	95
Grafik Lampiran 33 Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 25% .....	95
Gambar Lampiran 34 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 50% .....	96
Gambar Lampiran 35 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut -4 <sup>0</sup> Sampai 15 <sup>0</sup> RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 50% .....	96
Gambar Lampiran 36 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 50% .....	97
Gambar Lampiran 37 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 50 % .....	97
Gambar Lampiran 38 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 75% .....	98
Gambar Lampiran 39 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut -4 <sup>0</sup> Sampai 15 <sup>0</sup> di RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 75% .....	98
Gambar Lampiran 40 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 75% .....	99
Gambar Lampiran 41 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 75 % .....	99
Grafik Lampiran 41 Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 100% .....	100

Grafik Lampiran 42 Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut $-4^0$ Sampai $15^0$ di RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 100% .....	100
Gambar Lampiran 43 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 100 % .....	101
Gambar Lampiran 44 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 1900 Dengan <i>Load</i> 100% .....	101
Gambar Lampiran 45 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 0% .....	102
Grafik Lampiran 46 Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut $-4^0$ Sampai $15^0$ di RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 0% .....	102
Gambar Lampiran 47 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 0 % .....	103
Gambar Lampiran 48 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 0% .....	103
Gambar Lampiran 49 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 25% .....	104
Gambar Lampiran 50 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut $-4^0$ Sampai $15^0$ di RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 25% .....	104
Gambar Lampiran 51 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 25 % .....	105
Gambar Lampiran 52 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 25% .....	105
Gambar Lampiran 53 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 50% .....	106
Gambar Lampiran 54 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut $-4^0$ Sampai $20^0$ di RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 50% .....	106
Gambar Lampiran 55 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 50 % .....	107
Gambar Lampiran 56 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 50% .....	107
Gambar Lampiran 57 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 75% .....	108
Gambar Lampiran 58 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut $-4^0$ Sampai $16^0$ di RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 75% .....	108

Gambar Lampiran 59 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 75 % .....	109
Gambar Lampiran 60 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 75% .....	109
Gambar Lampiran 61 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 100% .....	110
Gambar Lampiran 62 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut -4 <sup>0</sup> Sampai 20 <sup>0</sup> di RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 100% .....	110
Gambar Lampiran 63 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 100 % .....	111
Gambar Lampiran 64 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 2000 Dengan <i>Load</i> 100% .....	111
Gambar Lampiran 65 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 0% .....	112
Gambar Lampiran 66 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut -4 <sup>0</sup> Sampai 15 <sup>0</sup> di RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 0% .....	112
Gambar Lampiran 67 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 0 % .....	113
Gambar Lampiran 68 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 25% .....	114
Gambar Lampiran 69 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut -5 <sup>0</sup> Sampai 15 <sup>0</sup> di RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 25% .....	114
Gambar Lampiran 70 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 25 % .....	115
Gambar Lampiran 71 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 25% .....	115
Gambar Lampiran 72 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 50 % .....	116
Gambar Lampiran 73 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut -5 <sup>0</sup> Sampai 15 <sup>0</sup> di RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 50% .....	116
Gambar Lampiran 74 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 50 % .....	117
Gambar Lampiran 75 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 50% .....	117



Gambar Lampiran 76 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 75% .....	118
Gambar Lampiran 77 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut -5 <sup>0</sup> Sampai 20 <sup>0</sup> di RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 75% .....	118
Gambar Lampiran 78 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 75% .....	119
Gambar Lampiran 79 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 75% .....	119
Gambar Lampiran 80 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 100% .....	120
Gambar Lampiran 81 Grafik Analisa Maksimum <i>Pressure</i> Pada Sudut -7 <sup>0</sup> Sampai 15 <sup>0</sup> di RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 100% .....	120
Gambar Lampiran 82 Grafik Analisa <i>Heat Release</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 100 % .....	121
Gambar Lampiran 83 Grafik Analisa <i>Knocking Detection</i> Pada RPM 2200 Dengan <i>Load</i> 100% .....	121
Gambar Lampiran 84 Proses Pencarian Titik Akhir <i>Ignition Delay</i> .....	122

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Perbandingan <i>Properties</i> B15, B20 (Kemiri Sunan) dan Biosolar .....	28
Tabel Lampiran 1 <i>Properties</i> Pertamina DEX ( <i>Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006</i> ) .....	74
Tabel Lampiran 2 <i>Properties</i> CPO ( <i>PT. Rancang Bangun Sejahtera</i> ) .....	74
Tabel Lampiran 3. Data Ignition Timming Dari Biosolar,B15, dan B20 .....	124
Tabel Lampiran 4. Hasil Percobaan Performansi Motor Diesel Pada Bahan Bakar Pertamina DEX .....	133
Tabel Lampiran 5. Hasil Percobaan Performansi Motor Diesel Pada Bahan Bakar Biosolar .....	134
Tabel Lampiran 6. Hasil Percobaan Performansi Motor Diesel Pada Bahan Bakar B15 (Kemiri Sunan) .....	135
Tabel Lampiran 7. Hasil Percobaan Performansi Motor Diesel Pada Bahan Bakar B20 (Kemiri Sunan) .....	136

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak bumi di dunia. Namun sampai saat ini masih mengimpor bahan bakar minyak untuk mencukupi kebutuhan baik untuk sektor transportasi maupun energi. Persediaan bahan bakar fosil di Indonesia akan habis dalam waktu 23 tahun kedepan jika dieksploitasi terus menerus tanpa ada penggantian (Candra, 2015).

Data statistik minyak Indonesia tahun 2011 dalam *Investment and Taxation Guide-May 2012*, dipaparkan bahwa Indonesia mempunyai cadangan minyak sebesar 4,04 milyar barel. Total produksi *crude oil* sebesar 902 ribu barel per hari. Berdasarkan data tersebut, dapat diperkirakan bahwa 13 tahun mendatang (terhitung sejak 2011) Indonesia akan menjadi negara pengimpor minyak. Oleh sebab itu perlu dilakukan kajian penelitian lebih lanjut tentang energi alternatif, salah satunya biodiesel.

Biodiesel adalah bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber daya hayati yang berupa minyak lemak nabati atau lemak hewani. Senyawa utamanya adalah ester. Biodiesel dapat dibuat dari transesterifikasi asam lemak. Asam lemak dari minyak lemak nabati direaksikan dengan alkohol menghasilkan ester dan produk samping berupa gliserin yang juga bernilai ekonomis cukup tinggi (Candra, 2015).

Pembuatan biodiesel mempunyai hambatan seperti harga bahan baku yaitu minyak nabati yang tinggi dan dikonsumsi. Hingga saat ini sumber utama penghasil bioenergi yang paling siap adalah tanaman kelapa sawit. Dalam skala ekonomi tanaman

ini sangat ekonomis. Hal ini terbukti dari banyaknya tanaman yang dikembangkan di Indonesia. Namun, perlu diingat bahwa hasil dari tanaman kelapa sawit adalah minyak pangan. Kelapa sawit merupakan satu dari sembilan bahan pokok produksi di Indonesia. Jika terlalu banyak minyak kelapa sawit yang digunakan sebagai bioenergi, maka akan mengganggu stabilitas harga. Ketersediaan minyak pangan juga akan terganggu di pasaran. Oleh karena itu, pengembangan tanaman penghasil bioenergi sedapat mungkin diarahkan ke tanaman yang bukan penghasil pangan. Maka diperlukan bahan baku lain yang berpotensi sebagai sumber utama pembuatan biodiesel yaitu kemiri sunan (*Pranowo, dkk, 2014*).

Kemiri sunan [*Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*] adalah salah satu tanaman yang sangat potensial sebagai penghasil minyak nabati (*Heyne, 1987*). Biji yang terdapat di dalam buahnya mengandung minyak dengan rendemen sekitar 50% (*Vossen, 2002*). Populasi tanaman kemiri sunan yang banyak terkonsentrasi di Kabupaten Garut dan Majalengka, Jawa Barat. Mulai tahun 2008 menyebar ke berbagai tempat yang memiliki agroekosistem beragam seperti Jawa Tengah, Jawa Timur, NTT, NTB, Riau, Jambi, Bangka, dan Kalimantan Timur. (*Herman, dkk, 2013*).

Untuk mengetahui kelayakan penggunaan biodiesel berbahan dasar minyak dari biji kemiri sunan [*Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*], dilakukanlah pengujian pada sebuah mesin Diesel **YANMAR** tipe **TF 85 MH-di**. Prestasi motor bakar diukur dengan instalasi pengukuran dengan pembebanan dynamometer. Untuk *combustion engine* dengan metode analisa menggunakan alat *Combustion Analyzer*. Hasil pengukuran tersebut nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran yang didapatkan pada penggunaan biosolar. Hal ini dilakukan untuk mengetahui campuran solar dengan biodiesel berapa yang layak untuk digunakan sebagai bahan bakar.

## 1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, sehingga penulis dapat merumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana kandungan *properties* biodiesel dari Kemiri Sunan [*Reatealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*] ?
2. Bagaimana proses pembakaran motor diesel dengan menggunakan bahan biodiesel kemiri sunan ?
3. Bagaimana performansi/prestasi motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel kemiri sunan ?
4. Bagaimana proses pembakaran dan performansi biodiesel yang berbahan dasar kemiri sunan apabila dibandingkan dengan bahan bakar biosolar ?

## 1.3. Batasan Permasalahan

Untuk dapat melaksanakan penelitian ini diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Ruang lingkup analisis proses pembakaran (*Combustion Process*) terdiri dari proses penginjeksian (*Ignition Delay*), tekanan maksimum (*Maximum Pressure*), perubahan energi panas (*Heat Release*) dan knocking (*Knocking*).
2. Variabel bahan bakar meliputi biosolar dan biodiesel dari minyak kemiri sunan (15% dan 20% )
3. Variabel putaran pada mesin menggunakan RPM sebesar 1800 RPM, 1900 RPM, 2000 RPM, 2100 RPM dan 2200 RPM
4. Analisis proses pembakaran menggunakan alat sensor TMR-Instrument serta *SYSMONSoft v2.0.3* sebagai data akuisisi, proses dan analisis.
5. Analisis proses pembakaran dilakukan pada motor diesel **Yanmar TF85 MH-di** yang berada di Laboratorium Marine Power Plant FTK ITS.

#### 1.4. Tujuan Permasalahan

Tujuan dari proses penelitian ini adalah untuk menjawab pertanyaan yang terdapat pada perumusan masalah diatas. Berikut tujuan dari proses penelitian

1. Untuk mengetahui kandungan properties biodiesel dari Kemiri Sunan [*Reatealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*]
2. Untuk mengetahui hasil uji pembakaran motor diesel dengan menggunakan bahan biodiesel kemiri sunan
3. Untuk mengetahui hasil uji performansi/prestasi motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel kemiri sunan
4. Untuk mengetahui hasil uji pembakaran dan performansi mesin diesel yang menggunakan bahan bakar biodiesel dibanding mesin diesel berbahan bakar biosolar

#### 1.5. Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Menambah pengetahuan dan wawasan tentang sumber daya hayati sebagai sumber pembuatan biodiesel yang berkualitas
2. Menambah pengetahuan cara pembuatan biodieselsecara umum
3. Menambah pengetahuan padapeforma kerja motor diesel yang berbahan bakar kemiri sunan
4. Menambah pengetahuan karakteristik proses pembakaran mesin diesel yang berbahan bakar kemiri sunan dan dapat dibandingkan dengan mesin diesel berbahan bakar solar. Kemudian dilakukan proses publikasi kepublik untuk beralih ke bahan bakar biodiesel.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Seiring dengan perkembangan industri dunia, peningkatan kebutuhan terhadap bahan bakar merupakan hal yang tidak dapat dihindari. Selama ini , bahan bakar fosil telah menjadi bahan bakar yang umum dipakai dan tidak asing lagi dengan kehidupan kita. Ketersediaan bahan bakar tersebut untuk masa depan semakin menipis. Bahan bakar fosil pun tidak dapat diperbarui, sedangkan kebutuhan dunia akan bahan bakar semakin meningkat. Indonesia mendekati krisis bahan bakar minyak, Hal ini dibuktikan dengan besarnya konsumsi bahan bakar minyak. Konsumsi bakar minyak dalam negeri mencapai 1,3 juta barrel per hari. Sementara produksi bahan bakar minyak dalam negeri baru menyentuh angka 950.000 barrel setiap harinya. Dengan laju peningkatan sebesar 6-9% tiap tahunnya, diperkirakan Indonesia akan mengalami kelangkaan bahan bakar minyak fosil (*Prasetyo, 2015*).

Pemerintah mengeluarkan peraturan melalui perpes nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional. Pemerintah berupaya untuk mengembangkan sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak fosil. Pengembangan bioenergi dari sumber bahan nabati merupakan langkah yang sangat strategis untuk mengatasi masalah tersebut. Selain itu untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak. Salah satu cara dengan pemanfaatan minyak dari tumbuhan untuk diolah menjadi bahan bakar nabati seperti biodiesel. (*Pranowo, dkk, 2014*).

Biodiesel adalah suatu *ester* monokotil dari asal lemak rantai panjang yang berasal dari sumber yang dapat diperbarui. Seperti minyak tumbuhan dan lemak hewan, yang dapat digunakan di mesin diesel. Kandungan utama biodiesel adalah minyak nabati atau lemak hewani melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi

dengan methanol. Biodiesel memiliki karakteristik yang sama dengan bahan bakar diesel konvensional. Sehingga biodiesel dapat dijadikan bahan bakar *alternative* untuk mesin diesel konvensional (Nathasya, 2008).

Biodiesel memiliki beberapa kelebihan dibanding bahan bakar diesel *petroleum*. Kelebihan biodiesel merupakan bahan bakar yang tidak beracun dan mempunyai bilangan setana yang tinggi. Biodiesel dapat mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon dan NOx. Biodiesel juga merupakan bahan bakar dalam fase cair. Bahan bakar pada mesin diesel dikehendaki relatif mudah terbakar sendiri (tanpa harus dipicu dengan letikan api busi) jika disemprotkan ke ruang bakar. Tolok ukur dari sifat ini adalah bilangan setana. Minyak diesel dikehendaki memiliki kekentalan yang relatif rendah agar mudah mengalir melalui pompa injeksi dan mudah dikabutkan. (Haryanto, 2002).

Dalam perkembangan penelitian yang telah dikembangkan yaitu jarak pagar dan jarak kepyar. Namun, jenis tanaman ini merupakan tanaman yang perdu. jarak pagar dan jarak kepyar tidak dapat digunakan sebagai tanaman konvensional. Indonesia sebagai salah satu negara dengan *megadiversity* yang memiliki beberapa tanaman yang berpotensi sebagai penghasil bioenergi. Salah satunya adalah kemiri sunan [*Reatealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw] (Pranowo, dkk, 2014).

Tanaman kemiri sunan yang dibudidayakan dengan baik, dapat menghasilkan buah setelah berumur lebih dari 3 tahun. Namun, tanaman yang berumur lebih dari 10 tahun akan menghasilkan buah yang lebih banyak (Pranowo,dkk, 2014). Tanaman kemiri sunan dapat tumbuh dan memproduksi hingga ketinggian 1.000 mdpl. Namun, produksi biji dengan rendemen minyak yang paling tinggi diperoleh pada ketinggian 700 mdpl (Herman,dkk , 2013). Perbedaan iklim dapat mempengaruhi kandungan rendamen dan kualitas minyak kemiri sunan. Nilai



kandungan rendamen minyak kemiri sunan berkisar 38,10 % – 56 % (*Syafaruddin, dkk, 2012*).

Secara umum parameter yang menjadi standar mutu biodiesel adalah densitas, titik nyala, angka setana, viskositas kinematik, abu sulfat, energi yang dihasilkan, bilangan iodin dan residu carbon. Biodiesel Kemiri Sunan yang dilakukan dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi menghasilkan biodiesel yang telah memenuhi semua mutu SNI 7182:2012 (*Pranowo, dkk. 2014*). Angka mutu biodiesel kemiri sunan didapat dengan metode uji laboratorium dan disertai dengan metode matematis. Hasil pengujian biodiesel kemiri sunan memiliki kandungan densitas 881,2 kg/m<sup>3</sup>; Viskositas kinematis pada suhu 40<sup>0</sup>C dengan nilai 4,4 mm<sup>2</sup>/s(cst); Angka setana dengan nilai 53,9; Titik nyala 129,5<sup>0</sup>C; Abu sulfat dengan nilai 0,02%; Angka iodin dengan nilai 95,24 % (*Aunillah, dkk, 2012*).

Semua mesin diesel harus diketahui karakteristik dan unjuk kerjanya. Karakteristik yang umum ditunjukkan adalah daya yang dihasilkan, torsi dan kebutuhan bahan bakar spesifik. Karakteristik bahan bakar juga mirip dengan solar konvensional dengan kadar sulfur yang rendah. Biodiesel memiliki kelebihan dibandingkan dengan solar dimana daya lubrikasinya sangat signifikan sehingga dapat memperbaiki karakteristik minyak solar (*Zuhdy, 2003*).

Biodiesel yang berasal dari jarak pagar memiliki kandungan yang bagus. Dalam penelitian sebelumnya telah diteliti *engine perform* atau prestasi engine yang terjadi pada mesin diesel yang mengkonsumsi biodiesel Jarak pagar (*Jatropha curcas*). Berikut hasil *engine perform* mesin diesel berbahan bakar biodiesel jarak pagar (*Jatropha curcas*):

1. Efisiensi thermal akan cenderung meningkat sebanding dengan tingginya putaran mesin. Semakin tinggi putaran

maka semakin banyak langkah kerja mesin yang dibutuhkan.

2. Semakin besar putaran mesin, maka semakin besar daya yang bekerja pada mesin. Pada penelitian biodiesel jarak pagar ini, bahan bakar solar murni memiliki daya yang lebih besar dibandingkan dengan campuran biodiesel. Hal ini dikarenakan nilai kalor solar lebih tinggi dari pada campuran biodiesel jarak pagar.
3. Konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan berbanding lurus dengan putaran mesin. Konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan mesin berbahan bakar solar murni lebih irit dibanding dengan campuran biodiesel jarak pagar.
4. Torsi yang terjadi pada mesin berbahan bakar campuran biodiesel lebih rendah dibanding dengan bahan bakar solar murni. Hal ini dikarenakan nilai kalor solar lebih tinggi.

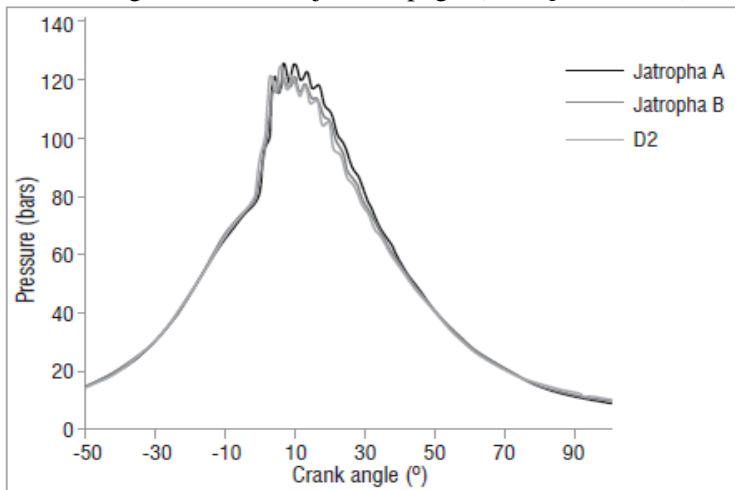
Berdasarkan hasil *engine perform* pada mesin diesel berbahan bakar Jarak pagar (*Jatropha curcas*), didapatkan suatu kesimpulan secara umum tidak terdapat perubahan yang signifikan pada prestasi motor bakar diesel yang menggunakan campuran bahan bakar biodiesel minyak jarak dan solar jika dibandingkan dengan penggunaan solar murni (Havendri, 2008).

Dalam pengoperasian bahan bakar biodiesel ke motor diesel ada hal yang harus diperhatikan, yaitu munculnya *knocking*. *Knocking* yaitu hal yang disebabkan karena terlalu banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan pada tahapan pembakaran tertunda. Sehingga terlalu banyak bahan bakar yang terbakar pada tahapan kedua yang mengakibatkan tekanan dalam silinder meningkat drastis serta menghasilkan getaran dan suara yang keras. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian analisa *combustion process* motor diesel yang menggunakan biodiesel kemiri sunan sebagai bahan bakarnya untuk mengetahui bagaimana kondisi pembakaran (*combustion process*) (Prabowo, 2014).

*Combustion analisys process* merupakan penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan karakteristik proses pembakaran meliputi *ignition delay*, *maximum pressure*, *heat release* dan *knocking*.

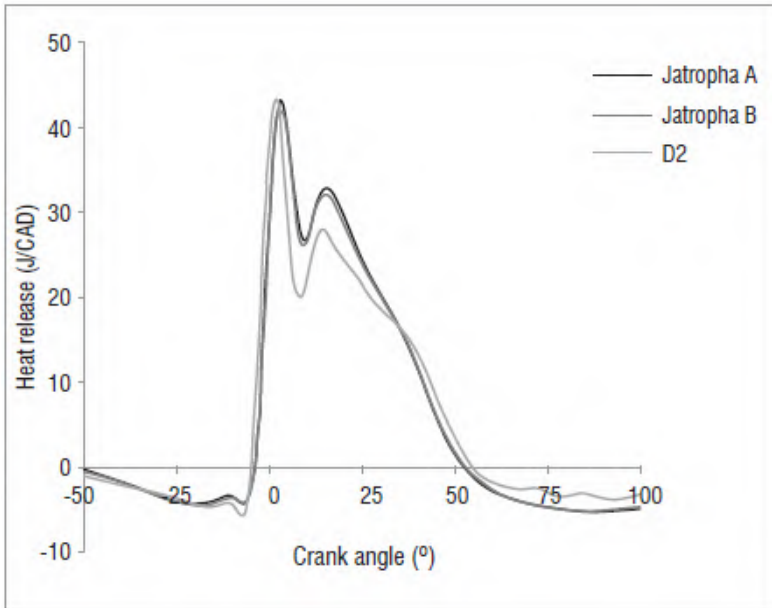
Pada penelitian yang telah dilakukan pada biodiesel yang berbahan dasar biji Jarak pagar (*Jatropha curcas*) yang berasal dari Kenya. Didapatkan suatu hasil proses pembakaran mesin sebagai berikut:

- I. Tekanan tertinggi yang dialami oleh piston terjadi pada busur derajat engkol  $10^0$  dengan beban *maximum*. Proses penelitian ini menggunakan perbandingan jenis komposisi kandungan biodiesel biji Jarak pagar (*Jatropha curcas*).



Gambar 2.1 Grafik *Max preasure Vs Crank angle degree* (Paul, 2013)

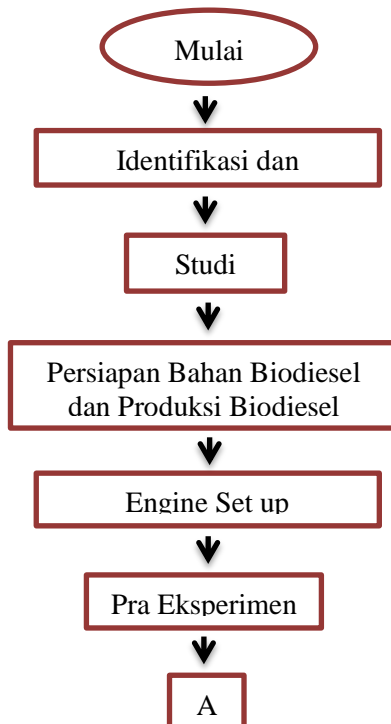
2. *Heat release* atau pelepasan panas, merupakan variasi pelepasan panas dengan derajat sudut engkol untuk bahan bakar pada kondisi beban penuh dan kecepatan mesin konstan (3000 rpm).

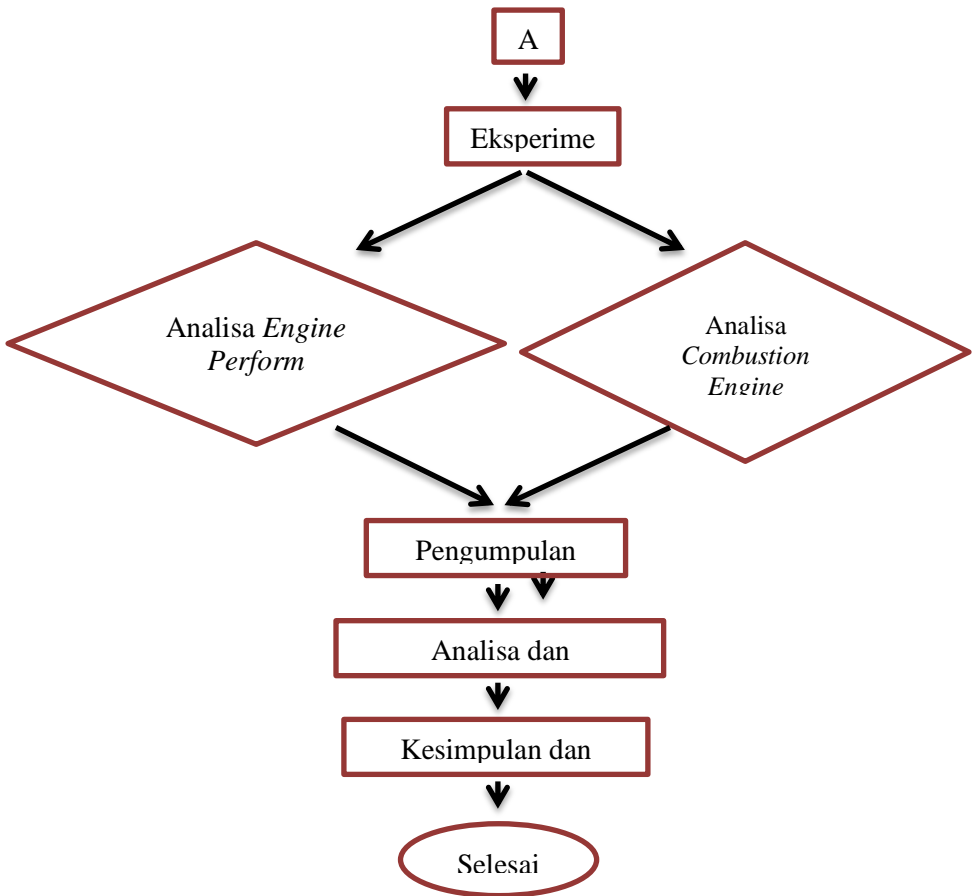


Gambar 2.2 Grafik *Heat release Vs Crank angle degree*  
(Paul, 2013)

### BAB III METODOLOGI

Seperti yang telah disampaikan pada bab 1 untuk menjawab permasalahan yang muncul, maka metode penelitian yang digunakan penulis yaitu eksperimen. Untuk mengetahui karakteristik biodiesel berbahan dasar minyak dari biji Kemiri Sunan [*Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*], dilakukanlah pengujian *properties* biodiesel. Pada tahap selanjutnya yaitu dengan pengujian biodiesel Kemiri Sunan terhadap karakteristik unjuk kerja mesin. Pada unjuk kerja mesin akan didapatkan prestasi mesin (*engine perform*) dan *combustion process engine*. Pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada diagram alur seperti pada gambar 3.1





Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

### **3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Pengidentifikasian masalah pada penelitian ini, untuk mengetahui kelayakan penggunaan biodiesel berbahan dasar minyak dari biji kemiri sunan (*Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*) yang menyangkut prestasi mesin (*engine perform*) dan *combustion engine* . Selain itu, perumusan masalah ini nantinya akan dilakukan perbandingan oleh mesin berbahan dasar solar konvensional.

### **3.2. Studi Literatur**

Studi literature dilakukan untuk mempelajari teori – teori yang dapat menunjang permasalahan yang ada. Studi literatur didapatkan dari beberapa sumber seperti, buku, jurnal, tugas akhir, dan internet. Pada penelitian ini, studi literatur tersebut mengacu pada kandungan yang dimiliki tanaman kemiri sunan (*Reatealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*) dan proses eksperimen yang dilakukan untuk mendapatkan hasil proses prestasi mesin (*engine perform*) dan *combustion engine*.

### **3.3. Persiapan Bahan dan Produksi Biodiesel dari Kemiri Sunan**

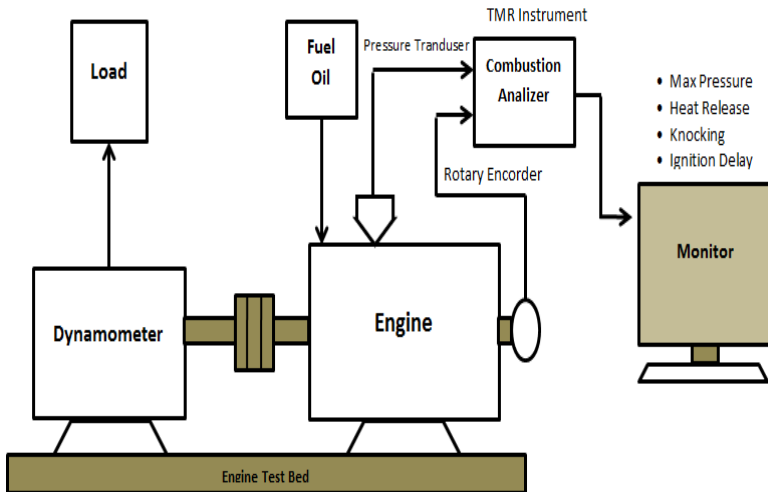
Pada tahap ini akan dilakukan semua perlengkapan sebelum dilaksanakannya percobaan pembuatan biodiesel dari bahan baku biji kemiri sunan (*Reatealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*). Alat yang dibutuhkan untuk melakukan percobaan merupakan peralatan dalam skala laboratorium yang terdiri dari peralatan transeseterifikasi dan peralatan uji karakteristik. Sementara untuk bahan yang diperlukan untuk penelitian ini meliputi minyak lemak, alkohol, dan katalis. Dalam tahap persiapan ini diharapkan semua peralatan dan bahan mudah untuk didapatkan guna mempermudah saat melakukan percobaan. Dalam penelitian ini dibutuhkan antara lain :

- a) Variasi bahan bakar sebagai berikut:
  - D100 : Pertamina DEX
  - Biosolar
  - B15 : Campuran Biodiesel 15% dan Solar 85%
  - B20 : Campuran Biodiesel 20% dan Solar 80%
- b) Variabel RPM Mesin yang Dikontrol
  - RPM 1800
  - RPM 1900
  - RPM 2000
  - RPM 2100
  - RPM 2200
- c) Variabel Pembebanan
  - 1000 watt
  - 2000 watt
  - 3000 watt
  - 4000 watt
  - 5000 watt
- d) Variabel Kontrol
  - i. *Analog Set Up*
  - ii. *Engine Set Up*
  - iii. *Angel Sensor Set Up*
    - *Top Dead Center Detection*
    - *Thermodynamics Set Up*
    - *Knock Detection Set Up*
    - *Maximum Pressure Set Up*
- e) Variabel Hasil
  - *Maximum Pressure*
  - *Heat Release*
  - *Knocking*
  - *Ignition Delay*



### 3.4. Engine Set Up

Pada tahap ini dilakukan *setting*/pengaturan mesin. Pengaturan ini adalah memasang sensor-sensor yang terdiri *Hardware Vibrasindo TMR-Card Board & TMR-Crankangle-Rotary Encoder* pada mesin diesel **YANMAR** tipe **TF 85 MH-di**. Kemudian dilakukan proses pengistalan *software/tool* yang bernama *TMR Instrumen* untuk menampilkan hasil proses pembakaran mesin di layar computer. Pada *Engine Set Up* dilakukan pengecekan awal (*Running Test*) mesin terlebih dahulu mengenai kondisi mesin, *basic performance* mesin, *full load* dari mesin untuk mengetahui kondisi awal mesin sebelum dilakukan penelitian terhadap mesin yang akan digunakan. Data mesin yang digunakan dalam pengambilan data adalah **YANMAR Diesel Engine** dengan tipe **TF 85 MH-di**. Mesin ini berkapasitas 493 cc. Berikut gambar engine set up yang akan dirancang.



Gambar 3.2 Engine Set Up

### 3.5. Pra Eksperimen

Pra Eksperimen dilakukan setelah mesin sudah dilakukan proses *setting*/pengaturan dan bahan bakar yang digunakan adalah solar konvensional. Pengujian ini dilakukan pada motor diesel yang terdapat pada Laboratorium *Marine Power Plan* ITS. Tujuan dilakukan pengujian prestasi mesin (*engine perform*) dan *combustion engine* yaitu untuk sebagai identifikasi kinerja mesin ketika memakai bahan bakar solar konvensional dan nantinya akan digunakan sebagai pembandingan dengan bahan bakar biodiesel kemiri sunan.

### 3.6. Eksperimen

Eksperimen dilakukan setelah mesin sudah dilakukan proses *setting*/pengaturan dan bahan bakar biodiesel telah diproduksi . Pengujian ini dilakukan pada motor diesel yang terdapat pada Laboratorium *Marine Power Plan* ITS. Tujuan dilakukan pengujian yaitu untuk mengetahui antara lain :

1. *Engine Perform* yang didalamnya akan dilakukan uji prestasi mesin yang didalamnya akan diketahui daya, torsi, SFOC, BMEP, dan efisiensi thermal dari motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel dari kemiri sunan dengan minyak solar.
2. *Combustion proses* yang didalamnya akan diketahui karakteristik proses proses pembakaran seperti *knocking*, *time delay*, *preasure*, dan *heat release* dari motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel dari kemiri sunan

### 3.7. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh setelah melakukan tahap eksperimen. Dari eksperimen ini akan diperoleh data karakteristik prestasi mesin (*engine perform*) dan *combustion engine* mesin

berbahan bakar biodiesel yang terbuat dari bahan baku Biji kemiri sunan (*Reatealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*).

### **3.8. Analisa Data dan Pembahasan**

Pada penelitian ini analisa data yang dilakukan adalah mengamati prestasi mesin (*engine perform*) dan *combustion engine* mesin diesel berbahan bakar biodiesel kemiri sunan (*Reatealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*). Selain itu juga menganalisa perbandingan proses pembakaran mesin diesel berbahan bakar kemiri sunan dengan mesin diesel berbahan bakar solar konvensional.

### **3.9. Kesimpulan dan Saran**

Setelah semua tahapan dilakukan, maka selanjutnya adalah menarik kesimpulan analisa data dan percobaan. Diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan skripsi ini. Selain itu diperlukan saran berdasarkan hasil penelitian untuk perbaikan tugas akhir supaya lebih sempurna.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Produksi Biodiesel

Untuk menjawab rumusan masalah yang terdapat pada BAB I, dalam penelitian ini akan dilakukan eksperimen berupa produksi biodiesel dari bahan baku kemiri sunan (*Reatealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*). Pada tanaman kemiri sunan ini akan diambil minyak lemaknya sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dengan bantuan katalis *methanol* dalam proses esterifikasi dan transesterifikasi. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel, diantaranya:

Alat : - Neraca

- *Erlen meyer*
- Gelas ukur
- Buret
- Statis
- Pipet tetes
- Spatula
- *Beker glass*
- Kaca arloji
- Timbangan analitik
- Pengaduk kaca
- *Hot plate*
- Magnet stirer
- Corong pemisah
- Termometer

Bahan : - Minyak kemiri sunan

- Fenol Ptalein
- Metanol
- Aquades
- KOH
- $H_2SO_4$
- $H_3PO_4$

Dalam pembuatan biodiesel dari bahan baku kemiri sunan ada beberapa tahapan yang harus dilakukan, antara lain:

#### 4.1.1. Pengepresan Biji kemiri Sunan

Metode pengepresan yang digunakan dalam pembuatan biodiesel kemiri sunan adalah metode pengepresan berulir (*screw press*). Cara ekstraksi ini paling sesuai untuk memisahkan minyak dari bahan dengan kadar rendamen di atas 10%. Prinsip oprasinya yaitu bahan mendapat tekanan dari ulir yang berputar dan dengan sendirinya terdorong keluar. Minyak keluar melalui celah di antara ulir dan penutup yang dapat berupa pipa atau lempengan besi berongga yang mempunyai celah dengan ukuran tertentu, sedangkan ampasnya keluar dari tempat yang lain. Dengan biji kemiri sunan seberat 20 kg, didapatkan minyak *cruide* sebanyak 5,5 liter.



Gambar 4.1 Proses pengepresan biji kemiri sunan

#### 4.1.2. Proses Pemisahan Gum atau Getah (Degumming)

*Degumming* adalah proses pemisahan *gum*, yaitu proses pemisahan getah atau lendir yang terdiri dari fosfolipid, protein, residu, karbohidrat, air dan resin. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk proses pemisahan *gum* antara lain adalah pemanasan, penambahan asam ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{HCl}$ ) atau basa ( $\text{NaOH}$ ). Dalam pemisahan *Gum* pada minyak kemiri sunan ini menggunakan asam jenis  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Proses pemisahan *gum* ada beberapa tahap, di antaranya :

1. Minyak *Cruide* Kemiri sunan yang telah di press, dipanaskan dengan suhu  $\pm 80^\circ\text{C}$  selama 30 menit.
2. Tambahkan 3 ml asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) pada setiap 1 liter minyak kemiri sunan.
3. Aduk dan pertahankan suhu pemanas pada  $\pm 80^\circ\text{C}$  selama 30 menit menggunakan magnet stirer.
4. Masukkan kedalam corong pemisah dan diamkan selama 2 hari hingga terjadi proses sparasi/pengendapan.
5. Setelah mengendap, proses pemisahan *gum* dapat dilakukan.



Gambar 4.2 Proses Pemisahan *gum* atau getah

Proses *Degumming* dilakukan selama 3 kali proses, hal ini dikarenakan banyaknya endapan yang terdapat pada *cruide* minyak kemiri sunan. Endapan yang didapat dari *cruide* minyak kemiri sunan adalah 1,5 liter.

#### 4.1.3. Pengujian FFA (*Free Fatty Acid*)

Pengujian FFA ini bertujuan untuk mengetahui kandungan asam lemak bebas yang terdapat pada *cruide* minyak kemiri sunan. Dengan tingginya nilai FFA yang didapat, maka harus dilakukan proses esterifikasi. Sehingga nilai FFA ini menjadi acuan berapa kali proses esterifikasi dilakukan. Jika nilai FFA yang didapatkan lebih dari 3% maka nantinya akan mengganggu proses transesterifikasi. Nilai FFA pada minyak kemiri sunan tergolong sangat tinggi, yaitu berkisar 18,7%. Sehingga harus dilakukan proses esterifikasi selama 2 kali. Dengan proses esterifikasi 2 kali, nilai FFA bernilai 2,3%. Berikut proses pengujian FFA minyak kemiri sunan:

1. Persiapkan sampel minyak kemiri sunan sebanyak 1 ml, tambahkan 10 ml isopropid alkhohol dan indikator Fenol Ptalein sebanyak 2 ml. Kemudian kocok kedalam *erlenmeyer*.
2. Buatlah larutan metoksida dari KOH sebanyak 1 gr dengan aquades sebanyak 1 liter.
3. Titrasi/teteskan larutan metoksida dengan menggunakan buret kedalam larutan sampel minyak kemiri sampai berwarna merah jambu. Warna merah jambu ini harus bertahan sampai 30 detik.
4. Lihatlah volume larutan metoksida yang digunakan ketikan larutan sampel minyak kemiri berubah menjadi merah jambu dan masukkan kedalam rumus perhitungan FFA.





Gambar 4.3 Proses titrasi dan pengujian FFA minyak kemiri sunan

#### 4.1.4. Proses Esterifikasi

Proses esterifikasi bertujuan untuk menurunkan kadar FFA untuk proses transesterifikasi. Berikut proses esterifikasi minyak kamiri sunan.

1. Panaskan minyak *cruide* kemiri sunan sebanyak 4,5 liter hingga mencapai suhu  $60^{\circ}\text{C}$ .
2. Buatlah larutan metoksida yaitu campuran katalis asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sebanyak 10 ml dengan metanol sebanyak 900 ml.
3. Ditambahkan campuran katalis asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan metanol kedalam minyak yang sudah dipanaskan  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  sedikit demi sedikit sambil diaduk.
4. Lanjutkan proses pemanasan dan pengadukan yang sudah tercampur dengan metoksida dan dipertahankan pada suhu  $55^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 2,5$  jam.
5. Angkat dan diamkan hingga suhu ruangan, kemudian masukkan kedalam labu pemisah sambil dikocok, diamkan campuran hingga terjadi pengendapan/sparasi  $\pm 24$  jam.
6. Setelah terjadi sparasi, lakukan pemisahan.

Pada proses esterifikasi dilakukan sebanyak 2 kali proses dan didapatkan air sebanyak 800 ml.



Gambar 4.4 Proses esterifikasi minyak kemiri sunan.

#### 4.1.5. Proses Transesterifikasi

Proses transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel bertujuan untuk merubah minyak menjadi metil ester. Pada proses transesterifikasi ini menggunakan katalis metanol dan katalis basa yaitu KOH. Berikut proses transesterifikasi minyak kamiri sunan:

1. Panaskan minyak kemiri sunan yang sudah diesterifikasi sebanyak 1,7 liter hingga mencapai suhu  $55 - 60^{\circ}\text{C}$ .
2. Buatlah larutan metoksida yaitu campuran katalis basa (KOH) sebanyak 34 gram dengan metanol sebanyak 1,7 liter
3. Ditambahkan campuran katalis basa (KOH) dan metanol kedalam minyak yang sudah dipanaskan  $55 - 60^{\circ}\text{C}$  sedikit demi sedikit sambil diaduk.
4. Lanjutkan proses pemanasan dan pengadukan yang sudah tercampur dengan metoksida dan dipertahankan pada suhu  $55^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam.

5. Angkat dan diamkan hingga suhu ruangan, kemudian masukkan kedalam labu pemisah sambil dikocok, diamkan campuran hingga terjadi pengendapan/sparasi  $\pm$  8 jam.
6. Setelah terjadi sparasi, lakukan pemisahan.

Pada proses transesterifikasi didapatkan endapan gliserol sebanyak 250 ml.



Gambar 4.5 Proses transesterifikasi minyak kemiri sunan.

#### 4.1.6. Pencucian Biodiesel Kemiri Sunan

Proses pencucian biodiesel bertujuan untuk memurnikan biodiesel dengan memisahkan metanol dan zat-zat lain seperti kotoran. Proses pencucian ini menggunakan aquades. Untuk mendapatkan minyak biodiesel yang jernih, maka dilakukan proses pencucian sebanyak 3 kali dengan takaran aquades yang tidak ditentukan. Berikut proses pencucian biodiesel kemiri sunan :

1. Panaskan aquades hingga pada suhu  $60^{\circ}\text{C}$
2. Tuangkan aquades kedalam biodiesel kemiri sunan dan kocok sampai merata.
3. Masukkan kedalam labu pemisah sambil dikocok. Kemudian diamkan campuran hingga terjadi sparasi/pengendapan selama 24 jam

4. Setelah terjadi sparasi,lakukan pemisahan.



Gambar 4.6 Proses pencucian biodiesel kemiri sunan.

Proses pencucian dari 1,7 liter biodiesel didapatkan biodiesel sebanyak 1,3 liter.

#### **4.1.7. Pengeringan Biodiesel Kemiri Sunan**

Proses pengeringan biodiesel kemiri sunan bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung dalam minyak. Proses pengeringan ini dilakukan dengan memanaskan biodiesel dan diaduk menggunakan magnet stirer dengan suhu didih air yang berkisar  $100^{\circ}\text{C}$ . Proses pencucian ini dilakukan sampai tidak adanya air yang terkandung didalam biodiesel.



Gambar 4.7 Proses pengeringan biodiesel kemiri sunan.

#### 4.2. Properties Biodiesel Kemiri Sunan

Pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah: sumber minyak nabati mudah diperoleh, proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati mudah dan cepat, serta tingkat konversi minyak nabati menjadi biodiesel yang tinggi. Dalam pembuatan biodiesel, secara umum memiliki parameter yang menjadi standar mutu biodiesel yaitu densitas, viskositas, titik nyala (*flash point*), titik kabut (*pour point*), kandungan air (*water content*), dan nilai kalor yang dihasilkan (*low heating value*).

Pada penelitian ini, minyak nabati diperoleh dari proses pengolahan Kemiri Sunan. Dari Kemiri Sunan tersebut akan dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dengan bantuan katalis methanol melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi. Pengolahan dan pembuatan bahan bakar biodiesel kualitasnya harus dijaga sehingga memiliki *properties* yang memenuhi standar yang telah ditentukan. Setelah didapatkan biodiesel bahan baku Kemiri Sunan melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi, maka untuk menentukan kualitasnya diperlukan pengujian *properties* dari biodiesel tersebut. Pada penelitian ini, pengujian *properties* biodiesel dilakukan di Laboratorium Energi ITS.

Tabel 4.1. Perbandingan *Properties* B15, B20 (Kemiri Sunan) dan Biosolar

No.	Karakteristik	Satuan	Standar SNI	<i>Properties</i> Bahan Bakar				
			Nilai	P. DEX *	Biosolar **	B100 (Sunan)***	B15 (Sunan)****	B20 (Sunan)*****
1.	Massa jenis pada 15 <sup>0</sup> C	kg/m <sup>3</sup>	850 - 890	3	834	880	837,5	840
2.	Viskositas kinematis pada 40 <sup>0</sup> C	mm <sup>2</sup> /sec	2,3 - 6,0	830	3,16	8,23	3,785	4,046
3.	Titik nyala	<sup>0</sup> C	min 100	155	156,7	188	159,95	161,6
4.	Titik kabut	<sup>0</sup> C	max 18	15	15	4	13,37	12,6
5.	Kandungan Air	% vol	Maks. 0,05	0,035	0,04	0,11	0,04625	0,05
6.	<i>Low Heating Value</i>	Mj/kg	-	42,537888	41,99554	42,379725	42,5141	42,5062

Keterangan :

\*) *Properties* Pertamina DEX yang telah dilampirkan

\*\*) *Properties* Biosolar yaitu campuran 10% Biodiesel CPO dan 90% Pertamina DEX. Untuk *properties* Biodiesel CPO telah dilampirkan

\*\*\*) *Properties* 100% Biodiesel Kemiri Sunan yang telah dilampirkan

\*\*\*\*) *Properties* campuran 15% Biodiesel Kemiri Sunan dan 85% Pertamina DEX

\*\*\*\*\*) *Properties* campuran 20% Biodiesel Kemiri Sunan dan 80% Pertamina DEX

Data dari hasil uji *properties* biodiesel Kemiri Sunan ini akan dianalisa yang mengacu pada standar nasional biodiesel untuk setiap parameternya. Analisa parameter *properties* dalam pengujian ini meliputi water content, densitas, viskositas, *flash point*, *pour point*, dan *lower heating value*. Pada parameter water content, densitas, viskositas, dan *flash point* didapatkan bahwa perbandingan B20 memiliki nilai *properties* yang paling besar diantara bahan bakar yang lain. Namun pada parameter *pour point*, dan *lower heating value* Biosolar yang memiliki nilai *properties* yang paling besar diantara bahan bakar yang lain

#### 4.2.1. *Water Content* (Kadar Air)

Water content merupakan kandungan air pada bahan bakar. Meskipun dalam jumlah sedikit akan menyebabkan terjadinya

penyumbatan pada saluran bahan bakar dan filter bahan bakar. Selain itu, adanya kandungan air juga dapat menyebabkan korosi pada pompa bahan bakar dan injektor sehingga dapat memperpendek umur dari pemakaian motor diesel. Pada properties biodiesel menurut SNI menyebutkan bahwa kandungan airnya maksimal 0,05. Dalam pengujian B100 kemiri sunan didapatkan nilai dari kandungan air sebesar 0,11. Dengan demikian kandungan air yang terdapat pada biodiesel kemiri sunan belum memenuhi syarat dari standar biodiesel nasional. Namun, untuk B15 dan B20 telah memenuhi standar dengan nilai dibawah 0,05. Tingginya nilai water content yang terdapat pada biodiesel kemiri sunan ini dikarenakan pada proses pengeringan kurang lama.

#### **4.2.2. *Density* (Berat Jenis)**

Berat jenis (*density*) adalah perbandingan antara massa dengan volume bahan bakar. Density bahan bakar dipengaruhi oleh temperatur, dimana semakin tinggi temperatur, maka *density* semakin turun dan sebaliknya. Berat jenis biodiesel kemiri sunan memiliki nilai sebesar 880 kg/m<sup>3</sup>. Nilai berat jenis biodiesel kemiri sunan ini telah memenuhi standard dari SNI yang memiliki batas nilai 850 – 890 kg/m<sup>3</sup>.

#### **4.2.3. Viskositas**

Viskositas merupakan ukuran kekentalan yang menyatakan besar kecilnya gesekan didalam fluida. Viskositas bahan bakar mempunyai pengaruh yang besar terhadap bentuk semprotan bahan bakar. Dimana untuk bahan bakar dengan viskositas yang terlalu tinggi akan memberikan atomisasi yang rendah sehingga mengakibatkan mesin sulit di start. Jika viskositas bahan bakar terlalu rendah maka akan terjadi kebocoran pada pompa bahan bakarnya dan mempercepat keausan pada komponen pompa dan injektor bahan bakar. Menurut standar biodiesel nasional menyebutkan bahwa viskositas dari biodiesel harus mempunyai nilai antara 2,3 – 6 Cst. Nilai viskositas pada bahan bakar B100

kemiri sunan menunjukkan angka sebesar 8,23 CSt, dengan demikian dapat dikatakan bahwa nilai viskositas dari biodiesel kemiri sunan belum memenuhi standar kualitas berdasarkan SNI. Namun, untuk B15 dan B20 telah memenuhi standar dengan nilai dibawah 6. Tinginya nilai viskositas yang terkandung dalam biodiesel kemiri sunan dikarenakan kesalahan dalam pencampuran kadar metanol dengan katalis KOH pada proses transesterifikasi dan kerakter biji kemiri sunan sendiri yang kurang baik.

#### **4.2.4. *Flash Point* (Titik Nyala)**

Flash point adalah temperatur pada keadaan di mana uap di atas permukaan bahan bakar (biodiesel) akan terbakar dengan cepat (meledak). Flash Point menunjukkan kemudahan bahan bakar untuk terbakar. Makin tinggi flash point, maka bahan bakar semakin sulit terbakar. Pada penelitian ini, nilai dari titik nyala biodiesel kemiri sunan sebesar 188°C, Nilai flash point biodiesel kemiri sunan ini telah memenuhi standar dari SNI yang memiliki standar batas minimal sebesar 100°C .

#### **4.2.5. *Pour Point* (Titik Tuang)**

Titik tuang merupakan batas temperatur tuang dimana mulai terbentuk kristal-kristal paraffin yang dapat menyumbat saluran bahan bakar dan injektor. Pada titik tuang yang tinggi bahan bakar tidak dapat mengalir sempurna dan tidak akan terjadi atomisasi yang baik ketika diinjeksikan ke ruang bakar. Pada biodiesel kemiri sunan memiliki nilai titik tuang sebesar 4°C, dimana nilai tersebut telah memenuhi standar dari biodiesel nasional yang memiliki batas nilai sebesar maksimal 18°C.



#### **4.2.6. Lower Heating Value (Nilai Kalor/Panas)**

Nilai panas (nilai pembakaran) atau HV (*Heating Value*) adalah jumlah panas yang dikeluarkan oleh 1 kg bahan bakar bila bahan bakar tersebut dibakar. Pada gas hasil pembakaran terdapat  $H_2O$  dalam bentuk uap atau cairan. Nilai kalor biasanya digunakan pada bahan bakar dan merupakan karakteristik dari bahan bakar tersebut. Terdapat dua macam nilai pembakaran yaitu nilai pembakaran atas atau *Higher Heating Value* (HHV) dan nilai pembakaran bawah atau *Lower Heating Value* (LHV). HHV merupakan nilai pembakaran bila didalam gas hasil pembakaran terdapat  $H_2O$  berbentuk cairan, sedangkan LHV yaitu nilai pembakaran bila didalam gas hasil pembakaran terdapat  $H_2O$  berbentuk gas. Pada penelitian ini, pengujian properties biodiesel umbi porang hanya menguji nilai kandungan LVH. Nilai LHV pada biodiesel Kemiri Sunan didapatkan sebesar 42.379.725,316 J/kg

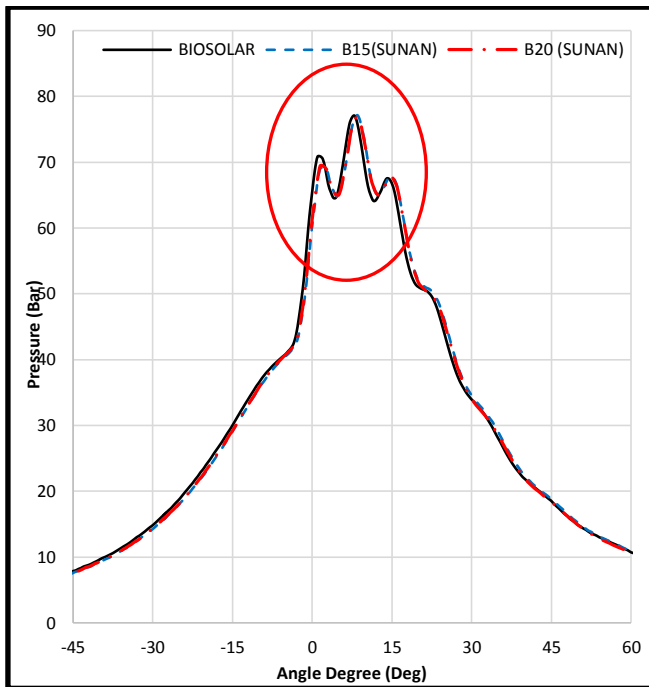
#### 4.3. Pengaruh Biodiesel Kemiri Sunan Dalam Pengujian Proses Pembakaran (*Combustion Prosses*) Motor Diesel

Pengujian performansi *engine* yang telah dilakukan terhadap pengaruh bahan bakar biodiesel bertujuan untuk mengetahui daya, torsi, SFOC, BMEP dan eff thermal. Untuk lebih terperinci dalam mengetahui karakteristik biodiesel terhadap *engine* harus dilakukan penelitian yang berkelanjutan yaitu analisa *Combustion Prosses*.

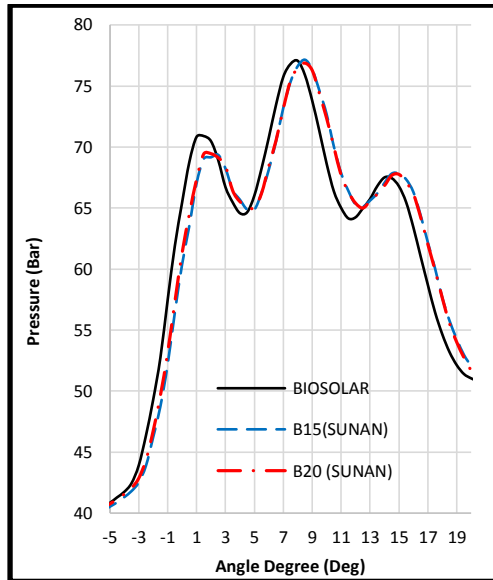
Pada Penelitian ini dilakukan analisa *Combustion Prosses* untuk mengetahui pengaruh biodiesel kemiri sunan terhadap proses pembakaran *diesel engine*. Hasil percobaan ini nantinya akan menentukan analisa maksimum *pressure*, *heat release*, *knocking*, dan *ignition delay* pada putaran *engine* 1800 RPM, 1900 RPM, 2000 RPM, 2100 RPM dan 2200 RPM. Pembebanan pada masing-masing putaran akan diberikan beban 100%.

Jenis bahan bakar yang akan digunakan dalam percobaan ini ada 3 jenis bahan bakar. Yang pertama menggunakan jenis bahan bakar Biosolar yang diperjual belikan di SPBU. Jenis bahan bakar yang kedua menggunakan campuran antara biodiesel kemiri sunan sebesar 15% dengan minyak solar sebesar 85% (B15). Jenis bahan bakar yang ketiga menggunakan campuran biodiesel kemiri sunan sebesar 20% minyak solar sebesar 80% (B20). Untuk mengetahui proses pembakaran *diesel engine*, hanya terdapat grafik yang diperoleh dari alat *combustion analizer* yang berupa tabel yang nantinya akan ditampilkan pada lampiran untuk analisa maksimum *pressure*, *heat release*, *knocking*, dan *ignition delay*.

#### 4.3.1. Analisa Maksimum *Pressure* Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan) Pada RPM 2100 Dengan *Load* 100 %



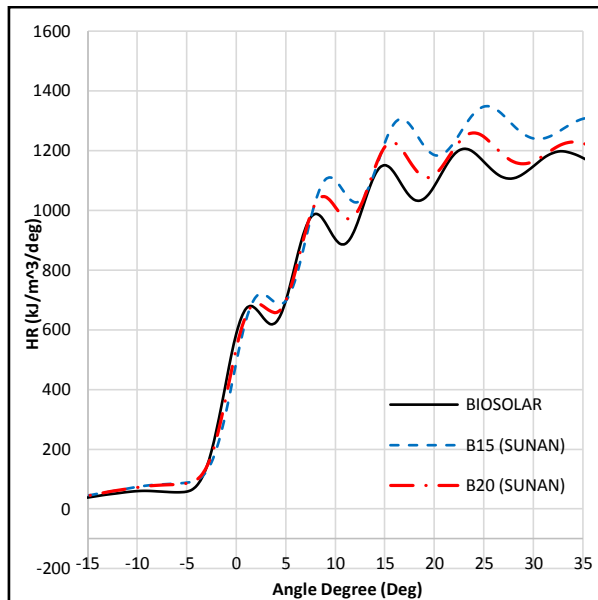
Gambar 4.8 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 2100 Dengan *Load* 100% Dari Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan).



Gambar Grafik 4.9 Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-5^{\circ}$  Sampai  $20^{\circ}$  di RPM 2100 Dengan *Load* 100%

Gambar (4.9) menunjukkan salah satu dari beberapa variabel grafik yang dihasilkan dari proses pembakaran. Grafik diatas merupakan perbandingan Maksimum *Pressure*. Grafik ini menyajikan hasil proses pembakaran antara Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan). Dari karakteristik Mesin Yanmar bertipe TF-85 MH bahwa waktu penginjeksian yaitu pada posisi  $18^{\circ}$  sebelum TMA. Dari Grafik tersebut bisa diketahui bahwa garis putus – putus berwarna biru yaitu B15 (Kemiri Sunan) berada pada titik teratas yaitu pada nilai 77,15 bar dan posisi  $8,5^{\circ}$  setelah TMA, kemudian disusul oleh garis lurus berwarna hitam yaitu Biosolar dengan nilai 77,03 bar pada posisi  $8^{\circ}$  setelah TMA. terakhir garis garis panjang titik berwarna merah yaitu B20 (Kemiri Sunan) dengan nilai 76,9 bar pada  $8,5^{\circ}$  setelah TMA. Pada ketiga bahan bakar menunjukkan bahwa tekanan yang dihasilkan hampir bernilai sama.

#### 4.3.2. Analisa *Heat Release* Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan) Pada RPM 2100 Dengan *Load* 100%

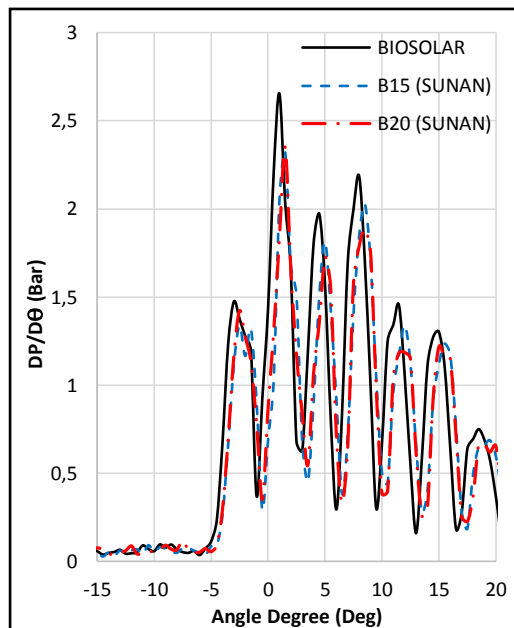


Gambar 4.10 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 2100 Dengan *Load* 100 % Dari Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan).

Gambar 4.10 menunjukkan salah satu dari beberapa variabel grafik yang dihasilkan dari proses pembakaran. Grafik diatas merupakan grafik perbandingan *Heat Release*. Grafik ini menyajikan proses pembakaran antara Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan). Dari karakteristik Mesin Yanmar bertipe TF-85 MH bahwa waktu penginjeksian yaitu pada posisi  $18^0$  sebelum TMA. Dari grafik tersebut bisa diketahui bahwa garis putus-putus berwarna biru yaitu B15 (Kemiri Sunan) berada pada titik tertinggi yaitu dengan energi sebesar 1348

$\text{kJ/m}^3/\text{deg}$  dan pada posisi  $25,5^0$  setelah TMA, kemudian disusul oleh garis panjang dan titik berwarna merah yaitu B20 (Kemiri Sunan) dengan energi sebesar  $1259 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  dan pada posisi  $24^0$  setelah TMA serta terakhir garis lurus berwarna hitam yaitu Biosolar dengan energi sebesar  $1205 \text{ kJ/m}^3/\text{deg}$  dan pada posisi  $23^0$  setelah TMA.

#### 4.3.3. Analisa *Knocking Detection* Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan) Pada RPM 2100 Dengan *Load* 100 %

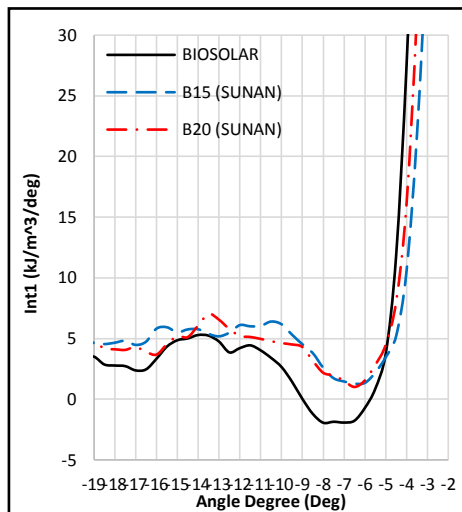


Gambar 4.11 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 2100 Dengan *Load* 100% Dari Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan).

Gambar 4.11 menunjukkan salah satu dari beberapa variabel grafik yang dihasilkan dari proses pembakaran. Grafik diatas

merupakan grafik perbandingan *Knocking Detection*. Grafik ini menyajikan proses pembakaran antara Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan). Dari karakteristik Mesin Yanmar bertipe TF-85 MH bahwa waktu penginjeksian yaitu pada posisi  $18^0$  sebelum TMA. Grafik tersebut dapat di analisa dengan perubahan tekanan pada tiap angle (derajat). Untuk garis lurus berwarna hitam yaitu Biosolar memiliki selisih tekanan sebesar 2,65 bar pada posisi  $1^0$  setelah TMA, kemudian untuk garis panjang dan titik berwarna merah yaitu B20 (Kemiri Sunan) dengan nilai sebesar 2,35 bar pada posisi  $1,5^0$  setelah TMA serta terakhir garis putus - putus berwarna biru yaitu B15 (Kemiri Sunan) dengan nilai sebesar 2,32 bar pada posisi  $1,5^0$  setelah TMA. Pada bahan bakar Biosolar paling berpotensi untuk terjadi knocking. Hal ini terjadi karena perubahan tekanan paling tinggi dibandingkan dengan bahan bakar yang lain.

#### 4.3.4. Analisa *Ignition Delay* Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan) Pada Kondisi RPM 2100 Dengan *Load* 100 %



Gambar 4.12 Grafik Analisa *Ignition Delay* Pada RPM 2100 Dengan *Load* 100% Dari Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan).

Gambar 4.11 menunjukkan salah satu dari beberapa variabel grafik yang dilakukan yaitu grafik perbandingan *Ignition Delay*. Grafik ini menyajikan proses pembakaran antara B15 (Kemiri Sunan), B20 (Kemiri Sunan) dan Biosolar. Dari karakteristik Mesin Yanmar TF-85 ini bahwa waktu penginjeksian yaitu pada posisi  $18^0$  sebelum TMA. Dari gambar tersebut bisa diketahui bahwa garis putus-putus berwarna biru yaitu B15 (Kemiri Sunan) berada pada titik terjauh yaitu posisi  $6,2^0$  sebelum TMA, kemudian disusul oleh garis panjang dan titik berwarna merah yaitu B20 (Kemiri Sunan) pada posisi  $6,5^0$  sebelum TMA serta terakhir garis lurus berwarna hitam yaitu Biosolar pada posisi  $7^0$  setelah TMA



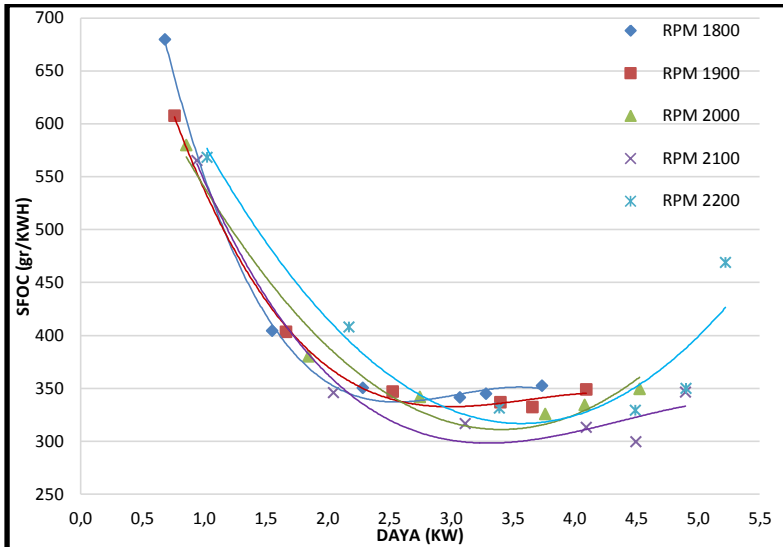
#### **4.4. Pengaruh Biodiesel Kemiri Sunan Dalam Uji Peformansi Motor Diesel**

Motor diesel adalah jenis motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*), dimana pembakaran dengan menyemprotkan bahan bakar cair ke dalam udara yang dipanaskan kompresi didalam silinder. Bahan bakar akan terbakar bersamaan dengan udara bertekanan kemudian akan menghasilkan suatu kerja.

Pada Penelitian ini akan dilakukan uji peformansi untuk mengetahui pengaruh biodiesel kemiri sunan pada prestasi motor diesel. Hasil percobaan ini nantinya akan menentukan performa mesin secara menyeluruh terutama letak pembebanan pada masing-masing putaran. Putaran yang digunakan dalam percobaan ini dimulai pada putaran 1800 rpm sampai dengan 2200 rpm.

Jenis bahan bakar yang akan digunakan dalam percobaan ini ada 4 jenis bahan bakar. Yang pertama menggunakan jenis bahan bakar 100% minyak solar/pertamina DEX (B0). Jenis bahan bakar yang kedua menggunakan campuran antara biodiesel kemiri sunan sebesar 15% dengan minyak solar sebesar 85% (B15). Jenis bahan bakar yang ketiga menggunakan campuran biodiesel kemiri sunan sebesar 20% minyak solar sebesar 80% (B20). Dan jenis bahan bakar yang keempat menggunakan biosolar yang diperjualbelikan di SPBU. Untuk mengetahui unjuk kerja motor diesel, diperlukan rumus perhitungan yang terdapat pada lampiran untuk analisa dan pembahasan mengenai daya, torsi, konsumsi bahan bakar (SFOC), BMEP, serta efisiensi thermal.

#### 4.4.1. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX

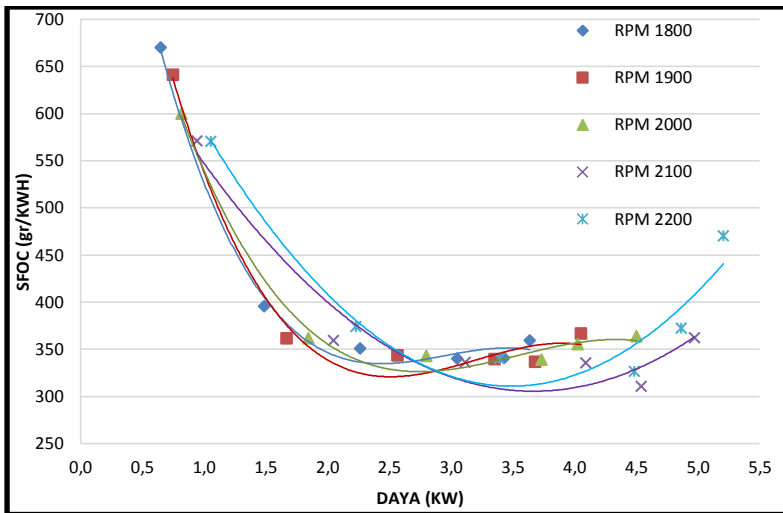


Gambar 4.13 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap daya (grafik 4.10) tampak bahwa nilai daya terbesar didapatkan pada beban maksimal untuk setiap putaran *engine*. Nilai daya pada putaran 1800 rpm sebesar 3,7353 kW, sedangkan pada saat putaran 1900 rpm dihasilkan daya sebesar 4,0902 kW atau bertambah 0,3598 kW dari putaran 1800 rpm. Dengan demikian, berdasarkan grafik diatas dapat dikatakan bahwa nilai daya terus mengalami peningkatan sekitar 10-40% untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai SFOC terendah yang dihasilkan sebesar 341,1 gr/kWh. sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai SFOC yang dihasilkan sebesar 332,002 gr/kWh. Dengan adanya selisih perbedaan nilai SFOC sebesar 9,098 gr/kWh, maka berdasarkan grafik diatas disimpulkan bahwa bahwa semakin

tinggi putaran engine, maka nilai SFOC yang didapatkan semakin rendah. Namun, pada RPM 2200 SFOC mengalami peningkatan. Hal ini terjadi RPM overload engine.

#### 4.4.2. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar

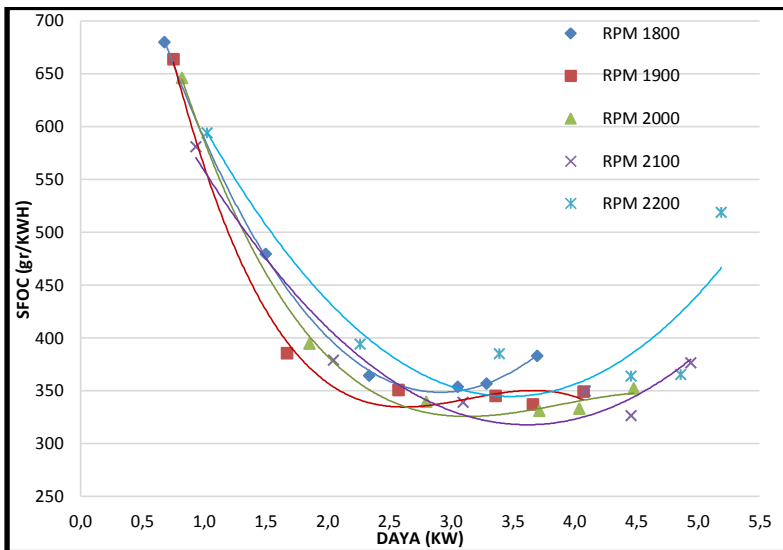


Gambar 4.14 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap daya (grafik 4.11) tampak bahwa nilai daya terbesar didapatkan pada beban maksimal untuk setiap putaran *engine*. Nilai daya pada putaran 1800 rpm sebesar 3,6391 kW, sedangkan pada saat putaran 1900 rpm dihasilkan daya sebesar 4,0517 kW atau bertambah 0,4126 kW dari putaran 1800 rpm. Dengan demikian, berdasarkan grafik diatas dapat dikatakan bahwa nilai daya terus mengalami peningkatan sekitar 11-43% untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai SFOC terendah yang dihasilkan sebesar 339,909 gr/kWh. sedangkan pada putaran 1900 rpm

nilai SFOC yang dihasilkan sebesar 336,394 gr/kWh. Dengan adanya selisih perbedaan nilai SFOC sebesar 3,515 gr/kWh, maka berdasarkan grafik diatas disimpulkan bahwa bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai SFOC yang didapatkan semakin rendah. Namun, pada RPM 2200 SFOC mengalami peningkatan. Hal ini terjadi RPM overload engine.

#### 4.4.3. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B15 (Kemiri Sunan)

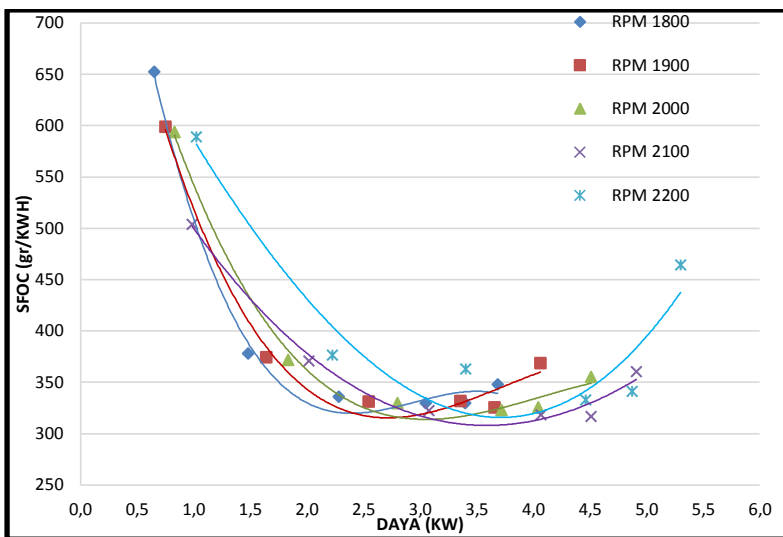


Gambar 4.15 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B15 (Kemiri Sunan)

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap daya (grafik 4.12) tampak bahwa nilai daya terbesar didapatkan pada beban maksimal untuk setiap putaran *engine*. Nilai daya pada putaran 1800 rpm sebesar 3,699 kW, sedangkan pada saat putaran 1900 rpm dihasilkan daya sebesar 4,0747 kW atau bertambah 0,3757 kW dari putaran 1800 rpm. Dengan demikian, berdasarkan

grafik diatas dapat dikatakan bahwa nilai daya terus mengalami peningkatan sekitar 10-40% untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai SFOC terendah yang dihasilkan sebesar 353,85 gr/kWh. sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai SFOC yang dihasilkan sebesar 337,077 gr/kWh. Dengan adanya selisih perbedaan nilai SFOC sebesar 16,773 gr/kWh, maka berdasarkan grafik diatas disimpulkan bahwa bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai SFOC yang didapatkan semakin rendah. Namun, pada RPM 2200 SFOC mengalami peningkatan. Hal ini terjadi RPM overload engine.

#### 4.4.4. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B20 (Kemiri Sunan)

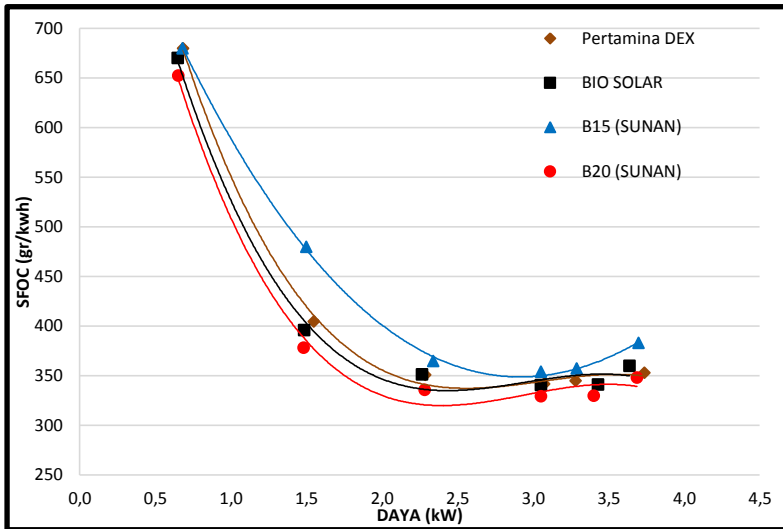


Gambar 4.16 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B20 (Kemiri Sunan)

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap daya (grafik 4.13) tampak bahwa nilai daya terbesar didapatkan pada

beban maksimal untuk setiap putaran *engine*. Nilai daya pada putaran 1800 rpm sebesar 3,6871 kW, sedangkan pada saat putaran 1900 rpm dihasilkan daya sebesar 4,0633 kW atau bertambah 0,3762 kW dari putaran 1800 rpm. Dengan demikian, berdasarkan grafik diatas dapat dikatakan bahwa nilai daya terus mengalami peningkatan sekitar 10-44% untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai SFOC terendah yang dihasilkan sebesar 329,149 gr/kWh. sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai SFOC yang dihasilkan sebesar 325,414 gr/kWh. Dengan adanya selisih perbedaan nilai SFOC sebesar 3,735 gr/kWh, maka berdasarkan grafik diatas disimpulkan bahwa bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai SFOC yang didapatkan semakin rendah. Namun, pada RPM 2200 SFOC mengalami peningkatan. Hal ini terjadi RPM overload engine.

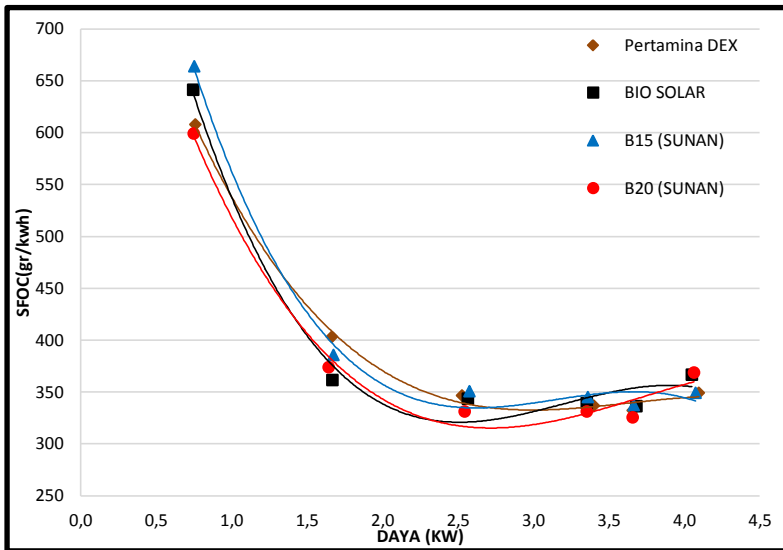
#### 4.4.5. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1800



Gambar 4.17 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1800

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar (grafik 4.14), Pada jenis bahan bakar B20 (Kemiri Sunan) bernilai SFOC paling kecil diantara bahan bakar yang lain. Dengan nilai SFOC paling rendah sebesar 329,149 gr/kWh. Sedangkan pada B15 (Kemiri Sunan) bernilai SFOC sebesar 353,85 gr/kWh. Nilai SFOC B20 (Kemiri Sunan) lebih rendah dengan Pertamina dex dengan selisih SFOC sebesar 11,951 gr/kWh. Sedangkan dengan Biosolar lebih rendah dengan selisih SFOC sebesar 10,76 gr/kWh.

#### 4.4.6. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1900

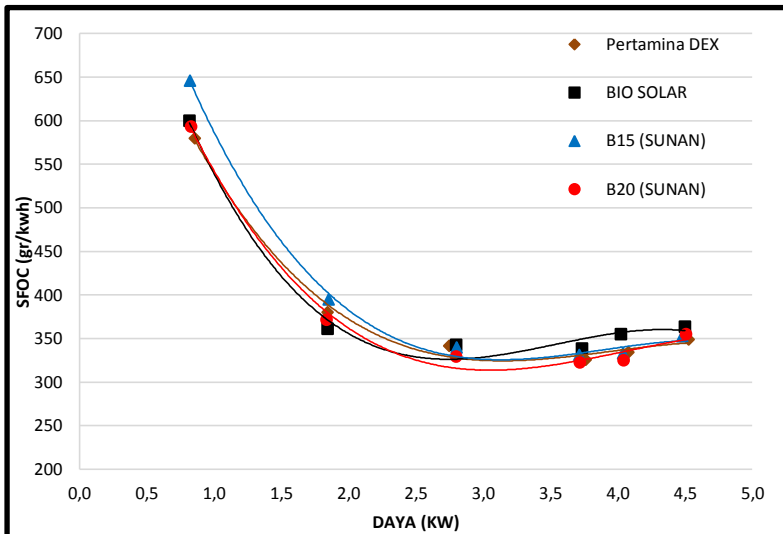


Gambar 4.18 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1900

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar (grafik 4.15), Pada jenis bahan bakar B20 (Kemiri Sunan) bernilai SFOC paling kecil diantara bahan bakar yang lain. Dengan nilai SFOC paling tendah sebesar 325,414 gr/kWh. Sedangkan pada B15 (Kemiri Sunan) bernilai SFOC sebesar 337,077 gr/kWh. Nilai SFOC B20 (Kemiri Sunan) lebih rendah dengan Pertamina dex dengan selisih SFOC sebesar 6,588 gr/kWh. Sedangkan dengan Biosolar lebih rendah dengan selisih SFOC sebesar 10,98 gr/kWh.



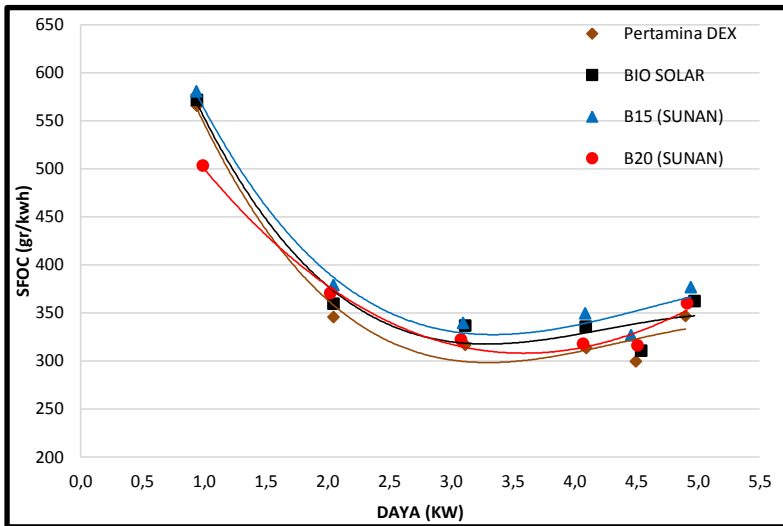
#### 4.4.7. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2000



Gambar 4.19 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2000

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar (grafik 4.16), Pada jenis bahan bakar B20 (Kemiri Sunan) bernilai SFOC paling kecil diantara bahan bakar yang lain. Dengan nilai SFOC paling rendah sebesar 322,632 gr/kWh. Sedangkan pada B15 (Kemiri Sunan) bernilai SFOC sebesar 331,137 gr/kWh. Nilai SFOC B20 (Kemiri Sunan) lebih rendah dengan Pertamina dex dengan selisih SFOC sebesar 2,795 gr/kWh. Sedangkan dengan Biosolar lebih rendah dengan selisih SFOC sebesar 16,001 gr/kWh.

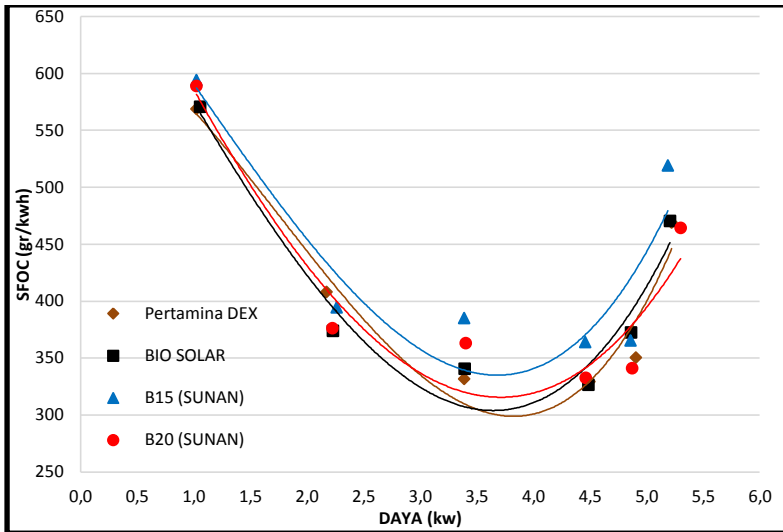
#### 4.4.8. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2100



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2100

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar (grafik 4.17), Pada jenis bahan bakar Pertamina DEX bernilai SFOC paling kecil diantara bahan bakar yang lain. B20 (Kemiri Sunan) dengan nilai SFOC paling rendah sebesar 316,177 gr/kWh. Sedangkan pada B15 (Kemiri Sunan) bernilai SFOC sebesar 326,636 gr/kWh. Nilai SFOC B20 (Kemiri Sunan) lebih tinggi dengan Pertamina dex dengan selisih SFOC sebesar 16,85 gr/kWh. Sedangkan dengan Biosolar lebih tinggi dengan selisih SFOC sebesar 5,696 gr/kWh.

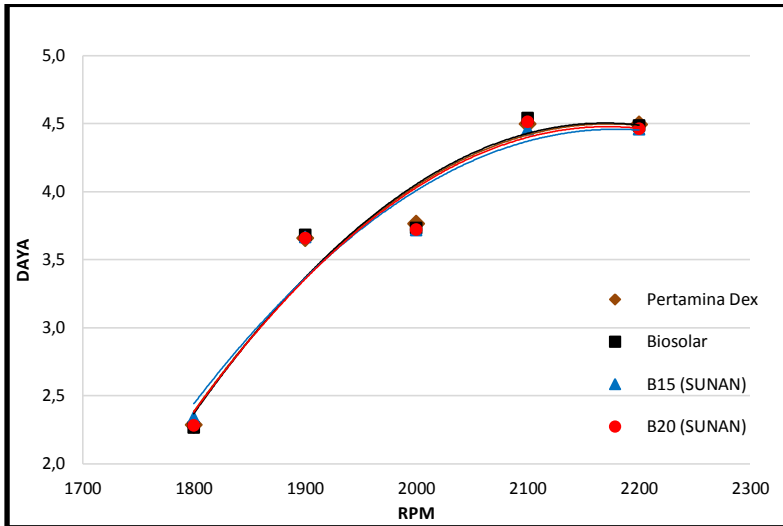
#### 4.4.9. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2200



Gambar 4.21 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2200

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar (grafik 4.18), Pada jenis bahan bakar Biosolar bernilai SFOC paling kecil diantara bahan bakar yang lain. B20 (Kemiri Sunan) dengan nilai SFOC paling rendah sebesar 332,241 gr/kWh. Sedangkan pada B15 (Kemiri Sunan) bernilai SFOC sebesar 363,673 gr/kWh. Nilai SFOC B20 (Kemiri Sunan) lebih tinggi dengan Pertamina dex dengan selisih SFOC sebesar 3,148 gr/kWh. Sedangkan dengan Biosolar lebih tinggi dengan selisih SFOC sebesar 5,895 gr/kWh.

#### 4.4.10. Perbandingan Antara Daya Maksimum Dengan Putaran *Engine*.

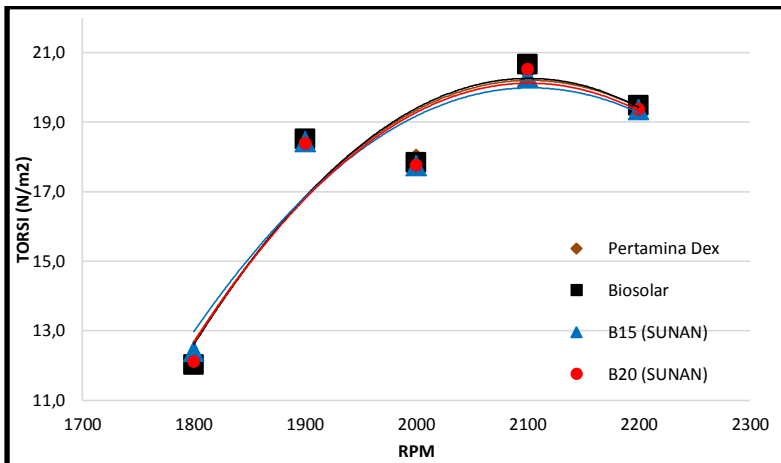


Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Daya Maksimum Dengan Putaran *Engine* Pada Setiap Jenis Bahan Bakar

Grafik diatas merupakan perbandingan antara nilai daya maksimum dengan putaran pada tiap jenis bahan bakar, dimana nilai daya terbesar didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada setiap RPM. Titik puncak daya terjadi pada RPM 2100. Pada RPM 2100 merupakan daya dan RPM maksimum yang dimiliki oleh *engine*. Pertamina DEX menghasilkan daya sebesar 4,4956 Kw, Biosolar menghasilkan daya sebesar 4,5417 Kw, B15 (Kemiri Sunan) menghasilkan daya sebesar 4,4592 Kw, dan B20 (Kemiri Sunan) menghasilkan daya sebesar 4,51145 Kw. Dari keempat bahan bakar, Biosolar menghasilkan daya yang paling besar dibandingkan dengan bahan bakar Pertamina DEX, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan). Pada grafik 4.19 juga terlihat bahwa pada jenis

bahan bakar B20 (Kemiri Sunan) menghasilkan daya dibawah biosolar dengan selisih 0,0303 kW. Sedangkan B20 (Kemiri Sunan) menghasilkan daya lebih besar dengan pertamina DEX dengan selisih 0,01487 kW.

#### 4.4.11. Perbandingan Antara Torsi Maksimum Dengan Putaran *Engine*

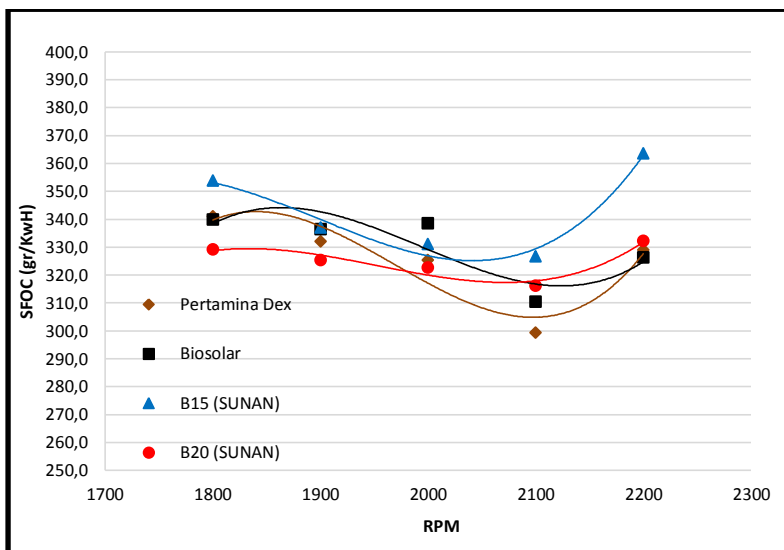


Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Torsi Maksimum Dengan Putaran *Engine* Pada Setiap Jenis Bahan Bakar

Grafik diatas merupakan perbandingan antara nilai torsi maksimum dengan putaran pada tiap jenis bahan bakar, dimana nilai torsi maksimum didapatkan dari daya maksimum pada grafik 4.11 pada setiap RPM. Pada RPM 2100 merupakan torsi maksimum yang dimiliki oleh *engine*. Biosolar menghasilkan torsi sebesar 20,6633 Nm, pertamina DEX menghasilkan torsi sebesar 20,4576 Nm, B15 (Kemiri Sunan) menghasilkan torsi sebesar 20,2874 Nm, dan B20 (Kemiri Sunan) menghasilkan torsi sebesar 20,5252 Nm. Dari keempat bahan bakar, Biosolar menghasilkan torsi yang paling besar dibandingkan dengan bahan

bakar Pertamina DEX, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan). Pada grafik 4.20 terlihat bahwa pada jenis bahan bakar B20 (kemiri Sunan) menghasilkan torsi dibawah biosolar dengan selisih 0,1380 Nm. Sedangkan B20 (Kemiri Sunan) menghasilkan torsi lebih besar dengan pertamina DEX dengan selisih 0,06765 Nm.

#### 4.4.12. Perbandingan Antara SFOC Dengan RPM Pada Daya Maksimum

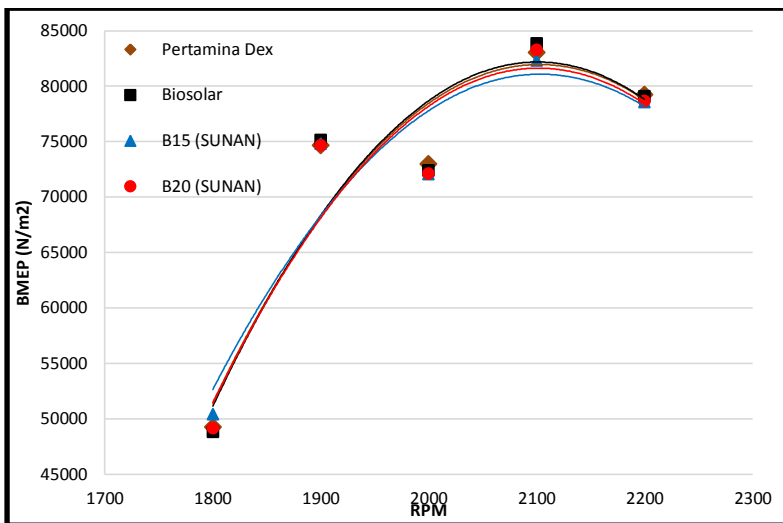


Gambar 4.24 Grafik Perbandingan SFOC Dengan Putaran *Engine* Pada Daya Maksimum

Grafik diatas merupakan perbandingan antara nilai SFOC dengan putaran pada daya maksimum, dimana nilai SFOC maksimum didapatkan dari daya maksimum dari tiap jenis bahan bakar. Pada RPM 2100 merupakan SFOC minimum yang dimiliki oleh *engine*. Pertamina DEX memiliki SFOC sebesar 299,327 gr/KwH, Biosolar memiliki SFOC sebesar 310,4809 gr/KwH,

B15 (Kemiri Sunan) memiliki SFOC sebesar 326,636 gr/KwH, dan B20 (Kemiri Sunan) memiliki SFOC sebesar 316,177 gr/KwH. Dari keempat bahan bakar, B15 (Kemiri Sunan) memiliki SFOC yang paling besar dibandingkan dengan bahan bakar Pertamina DEX, Biosolar, dan B20 (Kemiri Sunan). Pada grafik 4.12 juga terlihat bahwa pada keempat jenis bahan bakar nilai SFOC akan menurun jika RPM *engine* semakin besar. Namun pada RPM 2200 nilai SFOC akan kembali naik, hal ini dikarenakan pada RPM 2200 terjadi *Over Load*.

#### 4.4.13. Perbandingan Antara BMEP Maksimum Dengan Putaran *Engine*

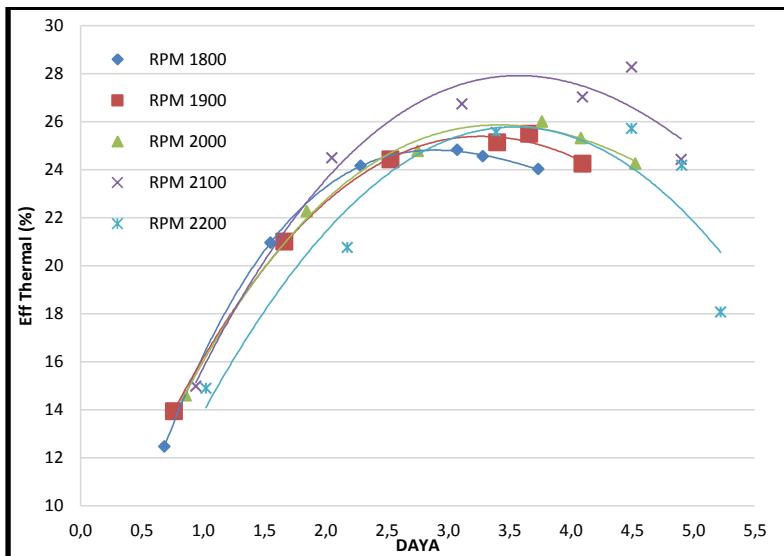


Gambar 4.25 Grafik Perbandingan BMEP Dengan Putaran *Engine* Pada Daya Maksimum

Grafik diatas merupakan perbandingan antara nilai BMEP maksimum dengan putaran pada tiap jenis bahan bakar, dimana nilai BMEP terbesar didapatkan pada saat RPM 2100. Jenis bahan bakar Pertamina DEX memiliki nilai BMEP sebesar

82992,215 N/m<sup>2</sup>, Biosolar memiliki nilai BMEP sebesar 83826,6591 N/m<sup>2</sup>, B15 (Kemiri Sunan) memiliki nilai BMEP sebesar 82301,6851 N/m<sup>2</sup>, dan B20 (Kemiri Sunan) memiliki nilai BMEP sebesar 83266,6429 N/m<sup>2</sup>. Dari keempat jenis bahan bakar Biosolar memiliki nilai BMEP yang paling besar diantara jenis bahan bakar lainnya. Sedangkan B20 (Kemiri Sunan) menghasilkan BMEP lebih besar dengan Pertamina DEX dengan selisih 274,4274 N/m<sup>2</sup>

#### 4.4.14. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX



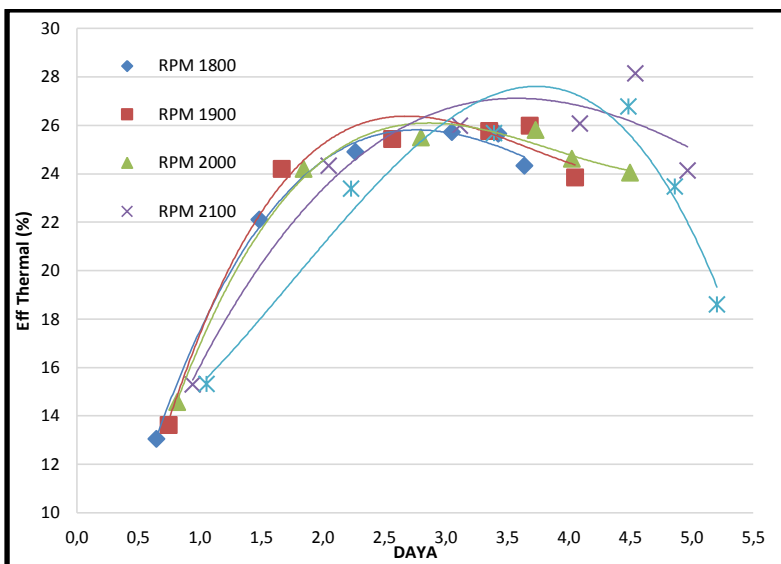
Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX

Grafik diatas merupakan perbandingan antara eff thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX.



Nilai efisiensi thermal terbesar didapatkan pada saat nilai SFOC terendah untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 24,81 %, sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 25,49 %. Dengan adanya selisih perbedaan nilai efisiensi thermal sebesar 0,68 %, maka berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai efisiensi thermal yang didapatkan semakin besar pula. Namun, pada RPM 2200 Eff Thesmis mengalami penurunan, hal ini terjadi RPM overload engine.

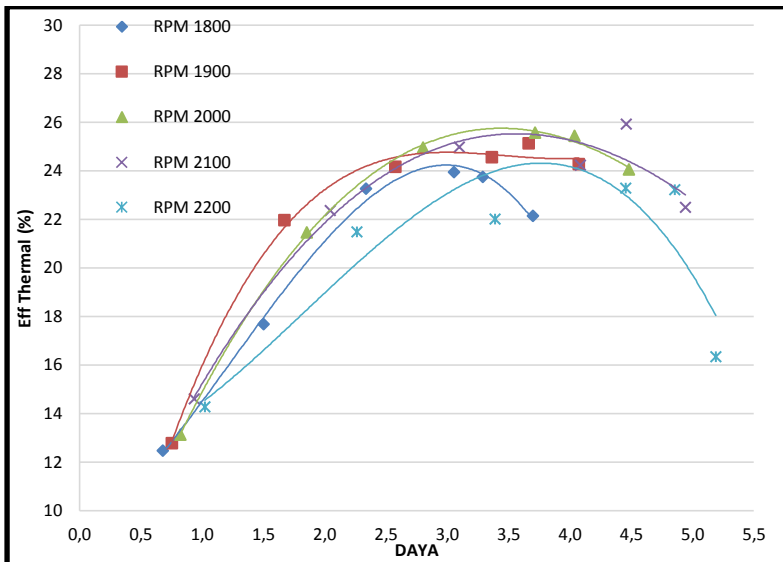
#### 4.4.15. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar



Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar BioSolar

Grafik diatas merupakan perbandingan antara eff thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar. Nilai efisiensi thermal terbesar didapatkan pada saat nilai SFOC terendah untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 25,70 %, sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 25,97 %. Dengan adanya selisih perbedaan nilai efisiensi thermal sebesar 0,2686 %, maka berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai efisiensi thermal yang didapatkan semakin besar pula. Namun, pada RPM 2200 Eff Thesmis mengalami penurunan, hal ini terjadi RPM overload engine.

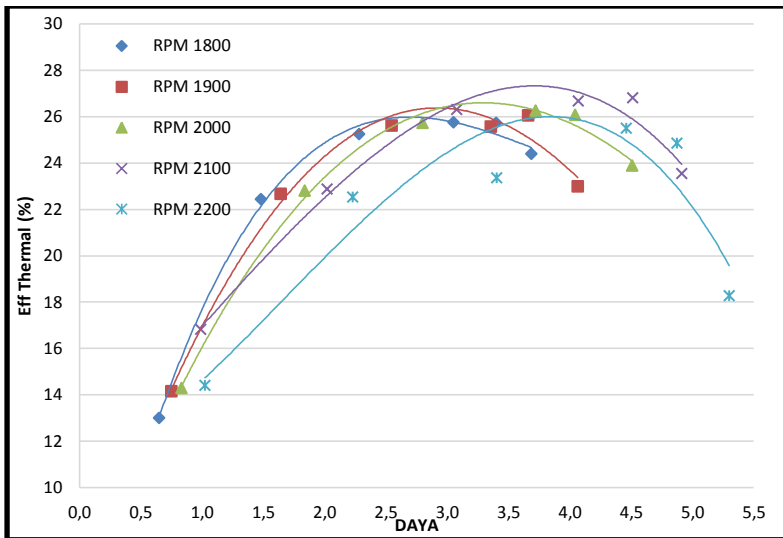
#### 4.4.16. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan B15 (Kemiri Sunan)



Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar B15 (Kemiri Sunan)

Grafik diatas merupakan perbandingan antara eff thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar. Nilai efisiensi thermal terbesar didapatkan pada saat nilai SFOC terendah untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 23,93 %, sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 25,12 %. Dengan adanya selisih perbedaan nilai efisiensi thermal sebesar 1,19 %, maka berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai efisiensi thermal yang didapatkan semakin besar pula. Namun, pada RPM 2200 Eff Thesmis mengalami penurunan, hal ini terjadi RPM overload engine.

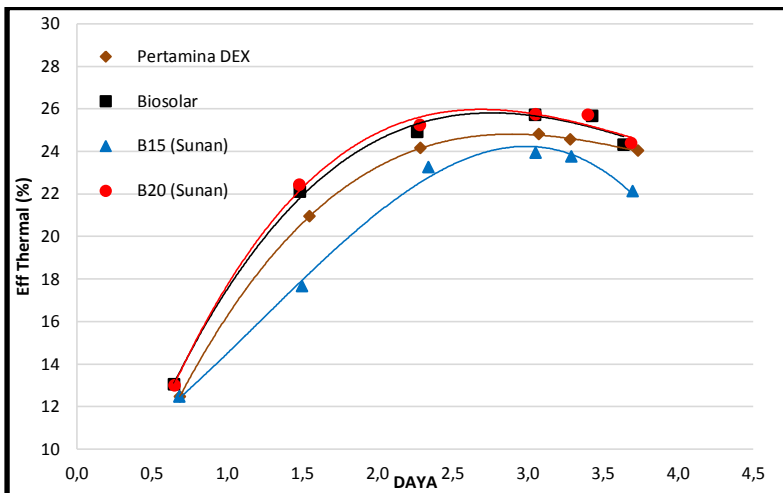
#### 4.4.17. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan B20 (Kemiri Sunan)



Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar B15 (Kemiri Sunan)

Grafik diatas merupakan perbandingan antara eff thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar. Nilai efisiensi thermal terbesar didapatkan pada saat nilai SFOC terendah untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 25,73 %, sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 26,03 %. Dengan adanya selisih perbedaan nilai efisiensi thermal sebesar 0,295 %, maka berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai efisiensi thermal yang didapatkan semakin besar pula. Namun, pada RPM 2200 Eff Thesmis mengalami penurunan, hal ini terjadi RPM overload engine.

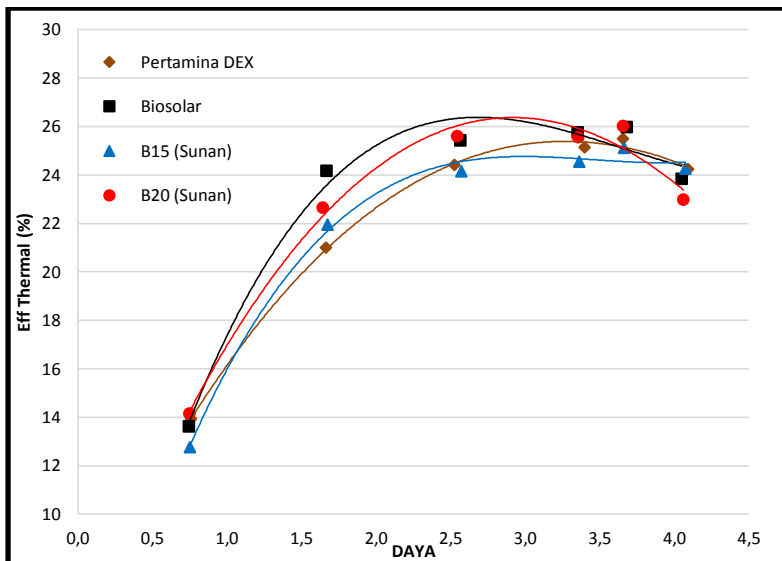
#### 4.4.18. Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1800



Gambar 4.30 Grafik Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1800

Dari grafik perbandingan Eff Thermis dengan daya terhadap jenis bahan bakar. Pada jenis bahan bakar B20 (Kemiri Sunan) memiliki nilai Eff Thermis paling tinggi diantara bahan bakar yang lain. B20 (Kemiri Sunan) dengan nilai Eff Thermal paling tinggi sebesar 25,73 %. Sedangkan pada B15 (Kemiri Sunan) bernilai Eff Thermal sebesar 23,93 %. Nilai Eff Thermal B20 (Kemiri Sunan) lebih tinggi dengan Pertamina dex dengan selisih Eff Thermal sebesar 0,92 %. Dibandingkan dengan Biosolar juga lebih tinggi dengan selisih Eff Thermal sebesar 0,03 %.

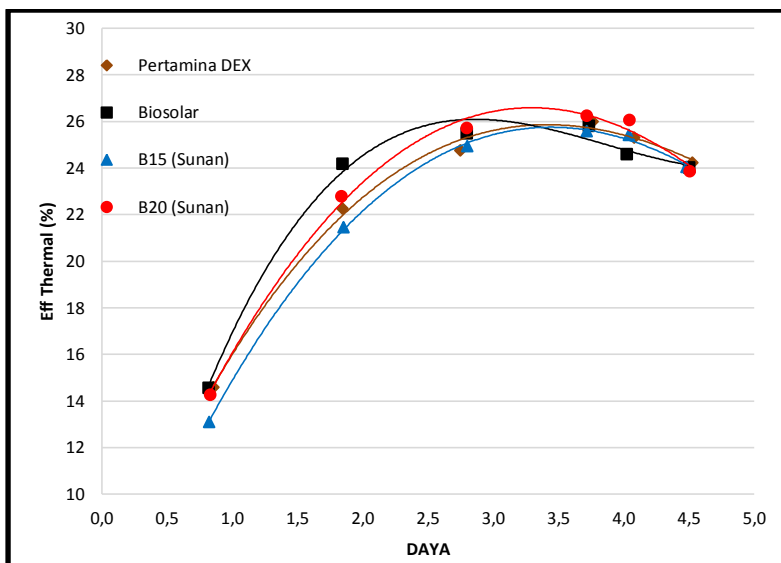
#### 4.4.19. Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1900



Gambar 4.31 Grafik Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1900

Dari grafik perbandingan Eff Thermis dengan daya terhadap jenis bahan bakar. Pada jenis bahan bakar B20 (Kemiri Sunan) memiliki nilai Eff Thermis paling tinggi diantara bahan bakar yang lain. B20 (Kemiri Sunan) dengan nilai Eff Thermal paling tinggi sebesar 26,026 %. Sedangkan pada B15 (Kemiri Sunan) bernilai Eff Thermal sebesar 25,12 %. Nilai Eff Thermal B20 (Kemiri Sunan) lebih tinggi dengan Pertamina dex dengan selisih Eff Thermal sebesar 0,54 %. Dibandingkan dengan Biosolar juga lebih tinggi dengan selisih Eff Thermal sebesar 0,054 %.

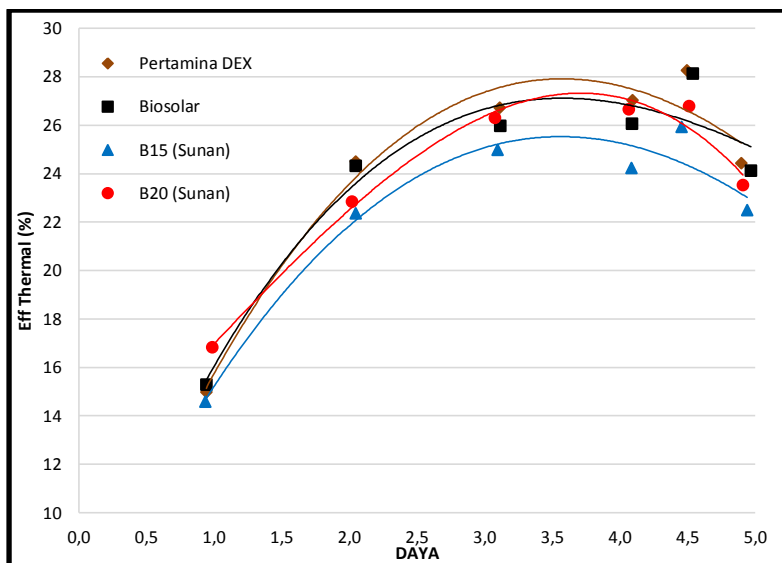
#### 4.4.20. Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2000



Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2000

Dari grafik perbandingan Eff Thermis dengan daya terhadap jenis bahan bakar. Pada jenis bahan bakar B20 (Kemiri Sunan) memiliki nilai Eff Thermis paling tinggi diantara bahan bakar yang lain. B20 (Kemiri Sunan) dengan nilai Eff Thermal paling tinggi sebesar 26,25 %. Sedangkan pada B15 (Kemiri Sunan) bernilai Eff Thermal sebesar 25,57 %. Nilai Eff Thermal B20 (Kemiri Sunan) lebih tinggi dengan Pertamina dex dengan selisih Eff Thermal sebesar 0,24%. Dibandingkan dengan Biosolar juga lebih tinggi dengan selisih Eff Thermal sebesar 0,45 %.

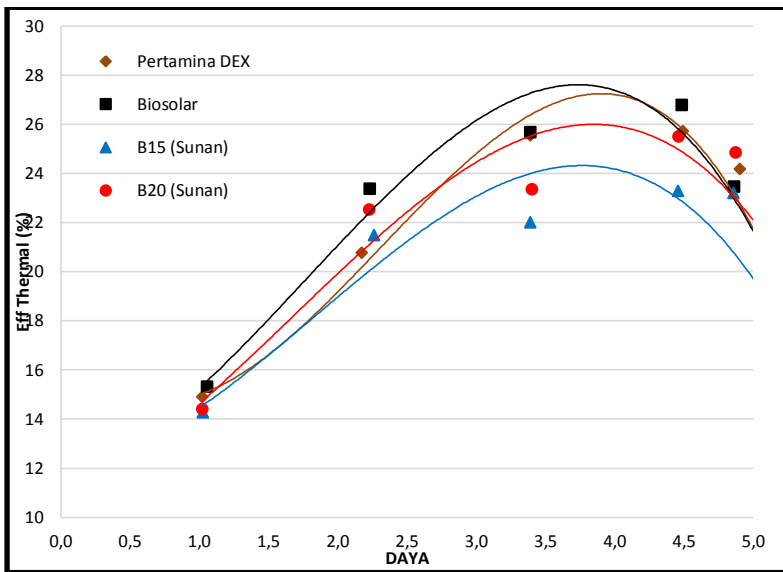
#### 4.4.21. Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2100



Gambar 4.33 Grafik Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2100

Dari grafik perbandingan Eff Thermis dengan daya terhadap jenis bahan bakar. Pada jenis bahan bakar Pertamina DEX memiliki nilai Eff Thermis paling tinggi diantara bahan bakar yang lain. B20 (Kemiri Sunan) dengan nilai Eff Thermal paling tinggi sebesar 26,79 %. Sedangkan pada B15 (Kemiri Sunan) bernilai Eff Thermal sebesar 25,92 %. Nilai Eff Thermal B20 (Kemiri Sunan) lebih rendah dengan Pertamina dex dengan selisih Eff Thermal sebesar 1,49 %. Sedangkan dengan Biosolar juga lebih rendah dengan selisih Eff Thermal sebesar 1,35 %.

#### 4.4.22. Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2200

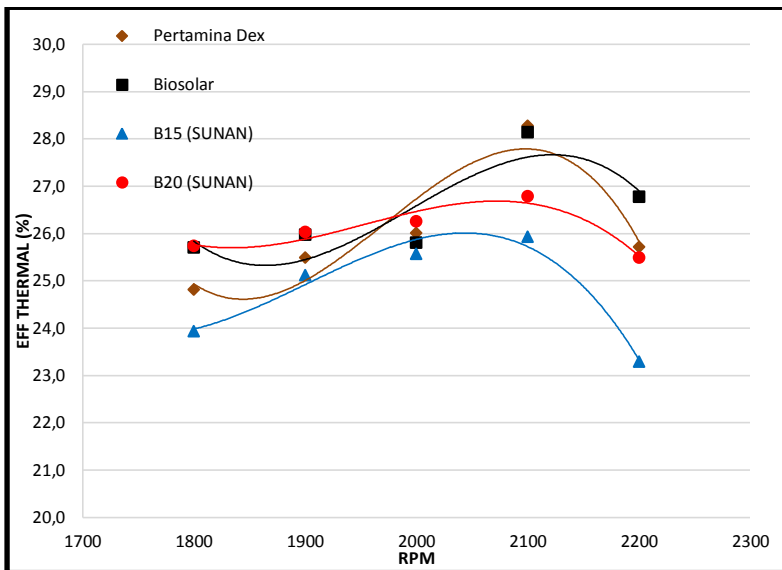


Gambar 4.34 Grafik Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 2200



Dari grafik perbandingan Eff Thermis dengan daya terhadap jenis bahan bakar. Pada jenis bahan bakar Pertamina DEX memiliki nilai Eff Thermis paling tinggi diantara bahan bakar yang lain. B20 (Kemiri Sunan) dengan nilai Eff Thermal paling tinggi sebesar 25,49 %. Sedangkan pada B15 (Kemiri Sunan) bernilai Eff Thermal sebesar 23,28 %. Nilai Eff Thermal B20 (Kemiri Sunan) lebih rendah dengan Pertamina dex dengan selisih Eff Thermal sebesar 0,68 %. Sedangkan dengan Biosolar lebih rendah dengan selisih Eff Thermal sebesar 1,28 %.

#### 4.4.23. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Putaran Pada Daya Maksimal Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan



Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Putaran Pada Daya Maksimal

Dari grafik perbandingan Eff Thermis terhadap putaran pada maksimal. Pada posisi RPM 2100, jenis bahan bakar Biosolar memiliki nilai Eff Thermis paling tinggi diantara bahan bakar yang lain. B15 (Kemiri Sunan) dengan nilai Eff Thermal paling tinggi sebesar 25,92 %. Sedangkan pada B20 (Kemiri Sunan) bernilai Eff Thermal sebesar 26,79 %. B15 (Kemiri Sunan) memiliki eff. Thermal yang paling rendah dibanding bahan bakar yang lain.

## LAMPIRAN

### 1. UJI *PROPERTIES*

#### 1.1. Hasil Pengujian *Properties* Kemiri Sunan

##### - Surat Pengantar Hasil Pengujian *Properties* Biodiesel



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT**

Gedung LPPM, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111  
Telp : 031 - 5953759, 5936940, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405  
<http://www.lppm.its.ac.id>

### SURAT PENGANTAR

No 026375/IT2.11/TU.00.09/2016

Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa pengujian contoh telah dilakukan oleh Laboratorium Energi – LPPM ITS (Jl.Teknik Kimia, Gedung LPPM It 2 & Jl. Teknik Kimia Gedung Robotika It 2 Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111) dengan rincian sebagai berikut:

- |                                  |   |                              |
|----------------------------------|---|------------------------------|
| 1. Nama Pelanggan                | : | Fiki Ardian Setio Budi       |
| 2. Alamat Pelanggan              | : | Teknik Sistem Perkapalam ITS |
| 3. Kegiatan Pengujian            | : |                              |
| a. Contoh diterima tanggal       | : | 25 April 2016                |
| b. Contoh diuji tanggal          | : | 28 April 2016                |
| c. Contoh selesai diuji tanggal  | : | 29 April 2016                |
| d. Jumlah dan jenis yang diuji   | : | 01 (satu) / Terlampir        |
| e. Standar Metode yang digunakan | : | Terlampir                    |
| f. Laporan Hasil Pengujian       | : | Terlampir                    |

Demikian surat ini, atas perhatiannya kami sampaikan terima kasih

Mengetahui,  
Ketua LPPM

Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT  
NIP. 196404051990021001

Surabaya,

Kepala Laboratorium Energi

Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D  
NIP. 198405242008122006

## - Hasil Pengujian *Properties* Biodiesel Kemiri Sunan 1



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT**

Gedung LPPM, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111

Telp : 031 - 5953758, 5936940, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405

<http://www.lppm.its.ac.id>

### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Fiki Ardian Setio Budi  
 Alamat Pemilik : Teknik Sistem Perkapalam ITS  
 Nama Contoh : **Biodiesel Kemiri Sunan** Tanggal Terima : 25 Apr 2016  
 Deskripsi : Bentuk : **Padat/Cair/Gas** Tanggal Pengujian : 26 Apr 2016  
 Contoh : Volume : - Tanggal Selesai :  
 Kemasan : Botol Pengujian : 29 Apr 2016  
 Kode Contoh : **EN-0017** Jumlah Contoh : 1

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi – LPPM ITS.

#### Hasil Pengujian

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Biodiesel Kemiri Sunan	Water Content	0,121	%	ASTM D 1796
		Viscositas 40°C	8,23	Cst	ASTM D 445
		Flash Point	188	°C	ASTM D 93
		Pour Point	4		ASTM D 97 - 85
		LHV	18.220	BTU/lb	ASTM D 240

Catatan:

1. Laporan Hasil Pengujian tidak boleh digandakan tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Energi.
2. Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
3. Hasil pengujian ini tidak dapat digunakan sebagai alat bukti hukum.

Mengetahui,  
 Manajer Teknis

Vita Yuliana, S.Si  
 NIP. 914014001

## - Hasil Pengujian *Properties* Biodiesel Kemiri Sunan 2



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
 LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT  
 Gedung LPPM, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111  
 Telp : 031 - 5953759, 5936940, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405  
<http://www.lppm.its.ac.id>

### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Fiki Ardian Serio Budi  
 Alamat Pemilik : Teknik Sistem Perkapalam ITS  
 Nama Contoh : **B-100 Kemiri Sunan** Tanggal Terima : 17 Mei 2016  
 Deskripsi : Bentuk : Padat/Cair/Gas Tanggal Pengujian : 18 Mei 2016  
 Contoh : Volume : - Tanggal Selesai :  
 Kemasan : Botol Pengujian : 19 Mei 2016  
 Kode Contoh : **EN-0017** Jumlah Contoh : 1

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi – LPPM ITS.


#### Hasil Pengujian

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	B-100 Kemiri Sunan	Water Content	0,11	%	ASTM D 1796
		Densitas at 15°C	0,88	gr/cm <sup>3</sup>	ASTM D 1480-81

#### Catatan:

1. Laporan Hasil Pengujian tidak boleh digandakan tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Energi.
2. Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
3. Hasil pengujian ini tidak dapat digunakan sebagai alat bukti hukum.

Mengetahui,  
 Manajer Teknis

  
 Vita Yuliana, S.Si  
 NIP. 914014001

### 1.2. *Properties* Pertamina DEX

Tabel Lampiran 1 *Properties* Pertamina DEX (Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006)

No.	Karakteristik	Satuan	Standar SNI	Batasan	
			Nilai	Min	Maks
1.	Massa jenis pada 40 °C	kg/m <sup>3</sup>	850 - 890	820	860
2.	Viskositas kinematis pada 40 °C	Cst	2,3 - 6	2	4,5
3.	Angka setana		min. 51	51	-
4.	Titik nyala	°C	min 100	55	-
5.	Titik kabut	°C	max 18	-	18
6.	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		maks. No. 3	-	No. 1
8.	Air dan sendimen	% vol	Maks. 0,05	-	0,05
9.	Temperatur destilasi 90%	°C	Maks. 360	-	340
10.	Abu tersulfat	% massa	Maks. 0,02		0,01
13.	Angka asam	mg KOH/g	Maks. 0,8		0,3

### 1.3. *Properties* Biodiesel CPO

Tabel Lampiran 2 *Properties* CPO (PT. Rancang Bangun Sejahtera)

No.	Karakteristik	Satuan	Standar SNI	<i>Properties</i> CPO	Metode Uji
			Nilai		
1.	Massa jenis pada 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	850 - 890	870	ASTM D 1298
2.	Viskositas kinematis pada 40 °C	Cst	1,9 - 6	4,6	ASTM D 445
3.	Angka setana		min. 45	64	ASTM D 613
4.	Titik nyala	°C	min 65	172	ASTM D 93
5.	Titik kabut	°C	max 18	15	ASTM D 97
6.	Kadar Sendimen	% vol	Maks. 0,05	0,08	ASTM D 473
7.	Kadar Air	% vol	Maks. 0,06	<0,05	ASTM D 95
8.	Kadar Abu	% Wt	Maks. 0,01	0,001	ASTM D 482
9.	TAN	mg KOH/g	Maks. 0,8	0,46	ASTM D 974
10.	SAN	mg KOH/g	Maks. Nil	Nil	ASTM D 975

## 2. PELAKSANAAN UJI PEFORMANSI DAN *COMBUSTION PROCESS* MOTOR DIESEL

Motor diesel yang digunakan eksperimen uji peformansi ini adalah jenis motor diesel 4 langkah. Untuk pembebanan, dinamometer yang digunakan adalah tipe elektrik. Sebelum eksperimen ini dimulai, akan dilakukan engine set up terlebih dahulu untuk mengetahui karakteristik/unjuk kerja dari motor tersebut. Dengan demikian, dapat dianggap bahwa unjuk kerja motor pada saat engine set up merupakan unjuk kerja awal. Uji Peformansi dan *combustion* dilakukan dengan berbagai variasi putaran *engine* dan variasi beban untuk mengetahui tegangan dan arus serta waktu yang dibutuhkan untuk memakai 10 ml bahan bakar. Untuk mengetahui peforma *engine* maka diperlukan data-data analisa yang meliputi daya, torsi, serta konsumsi bahan bakar (SFOC). Pada *combustion process* diperlukan grafik akuistik yang dihasilkan oleh rangkaian alat *combustion analyzer* yang meliputi grafik *preassure*, *heat release*, dan *knocking* pada proses pembakaran. Berikut spesifikasi mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses pencarian data performansi dan grafik proses pembakaran:

### - Spesifikasi Mesin Diesel

Merk	: Yanmar Diesel Engine
Model	: 85 TF MH-di
Bore	: 87 mm
Stroke	: 85 mm
Daya	: 5,59kW / 7,5 DK
Speed	: 2200 rpm
Vol langkah	: 493 cc
Dinamometer	: 1 Fase, 50 Hz

### - **Komposisi Bahan Bakar Dalam Pengujian**

Untuk mengetahui peformansi dan *combustion Process* motor diesel dengan menggunakan biodiesel Kemiri Sunan maka perlu dilakukan eksperimen. Dalam penelitian ini akan dilakukan eksperimen untuk mengetahui prestasi dan *combustion Process* motor diesel dari jenis bahan bakar B0, B15, B20, dan Biosolar.

### - **Tahap Eksperimen**

Sebuah pengaturan dilakukan dari hardware (sensor) serta software (*Data Analysis*) pada mesin Yanmar agar dapat melakukan pengolahan data saat mesin dihidupkan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan saat pengaturan adalah sebagai berikut:

- a. Pemasangan *Pressure Tranducer* serta *Rotating Encoder*. Berikut merupakan gambar lokasi pemasangan *Pressure Tranducer* dan tempat *Rotating Encoder* yang nantinya dipasang pada mesin Yanmar ke hardware (TMR-Instrument).



Gambar Lampiran 1 Lokasi Pemasangan *Pressure Tranducer* dan Tempat *Rotating Encoder*

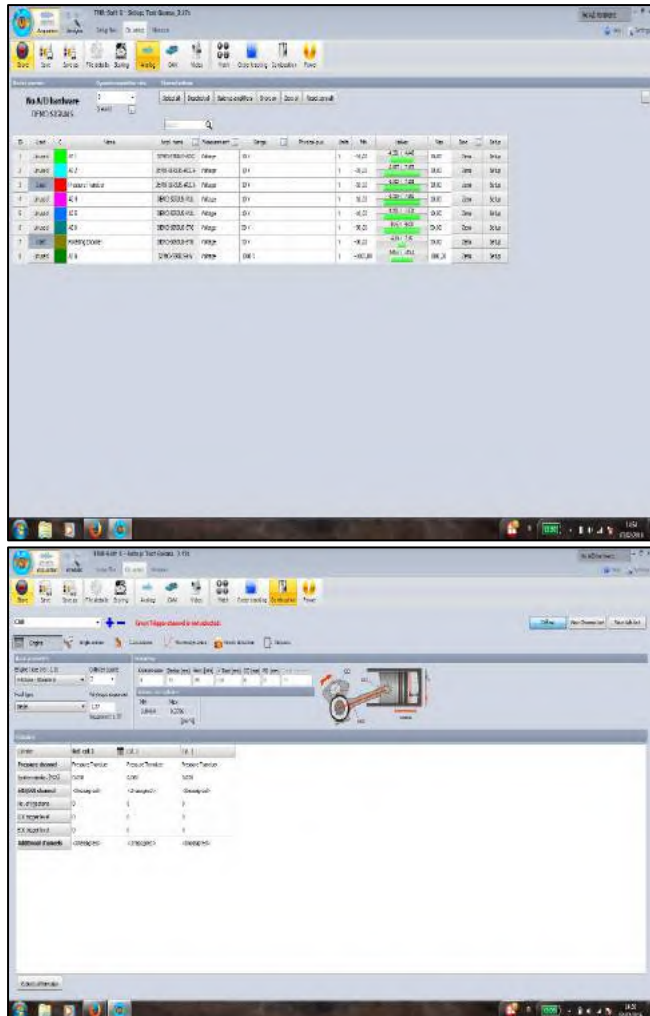


- b. Pemasangan hardware (TMR-Instrument) seperti gambar dibawah dengan software (*SYSMONSoft v2.0.3*) yang ada di laptop/komputer.



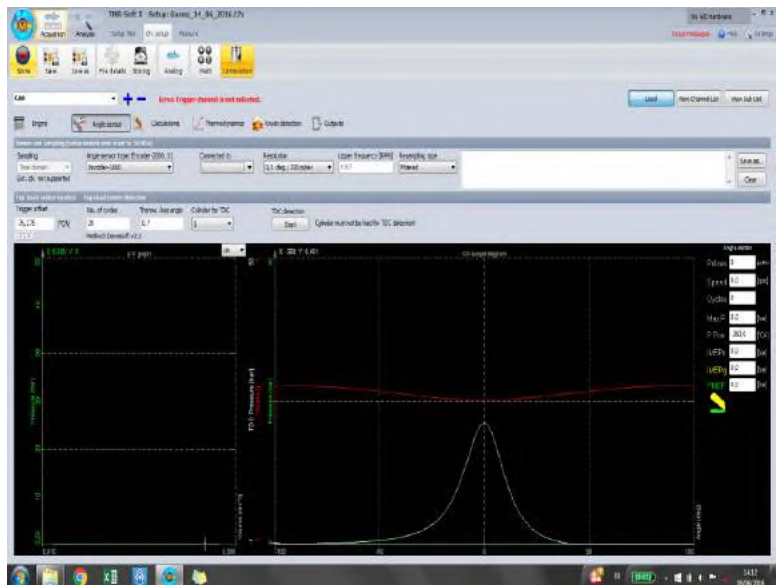
Gambar Lampiran 2 Pemasangan Rotari Encoder ke Analog TMR Instrument

- c. Melakukan setting di software dengan analog yang masuk ke dalam hardware. Setelah itu menyetting kondisi engine yang akan di analisa pembakarannya seperti tipe engine (Otto atau Diesel), jumlah silinder, panjang piston, dan stroke.



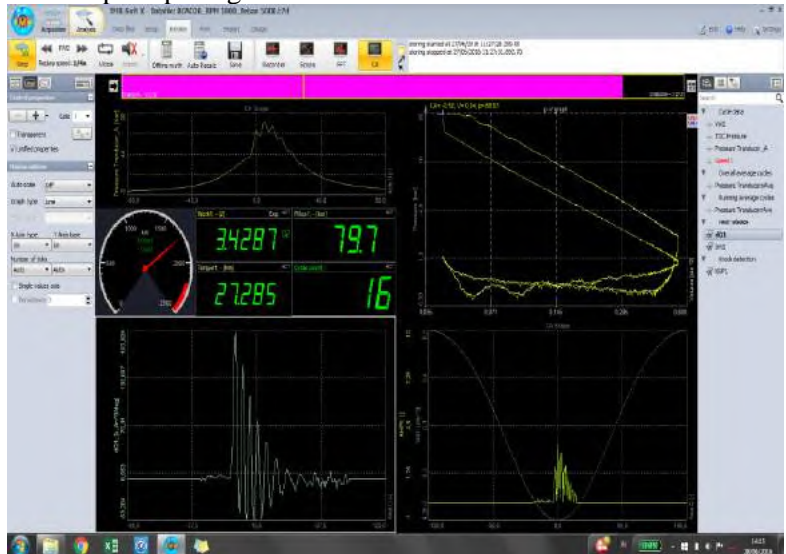
Gambar Lampiran 3 Setting Analog In & Engine Properties

- d. Mengatur kalibrasi *angle degree* secara otomatis. Dengan cara membuka tampilan *aquisition* kemudian *set up* dan *combustion*. Pada tampilan ini di cari nilai *Trigger offsite* dengan tujuan untuk mendapatkan TMA mesin pada posisi tepat di  $0^0$ . Untuk mendapatkan nilai *Trigger offsite* dilakukan dengan cara menghidupkan mesin secara *full speed* kemudian mematikan mesin dengan seketika. Pada saat mesin berputar tanpa adanya pembakaran maka klik start. Untuk no. Of cycles isikan nilai 3 (nilai banyaknya ketukan yang ingin di ambil nilainya). Berikut gambaran tampilan untuk mengkalibrasikan *angle degree* secara otomatis.



Gambar Lampiran 4 Kalibrasikan *Angle Degree* Secara Otomatis

- e. Menyajikan tampilan untuk melihat grafik yang dihasilkan oleh mesin Yanmar seperti *Heat Release*, *Knock Detection*, *Maximum Pressure*, dan *Knocking* seperti pada gambar dibawah ini.

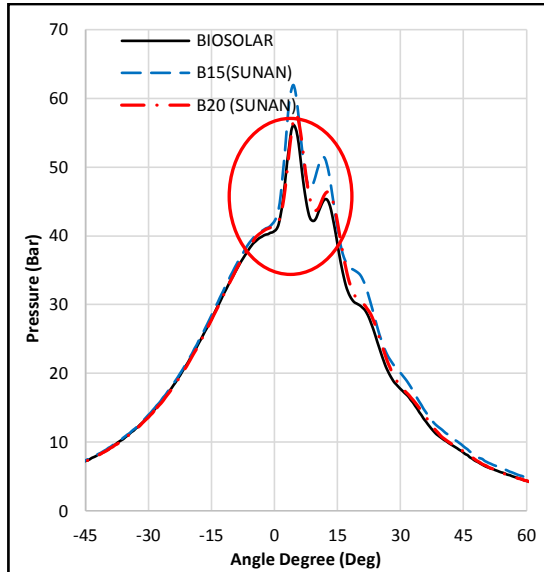


Gambar Lampiran 5 Persiapan Penyajian Data  
*Combustion Process*

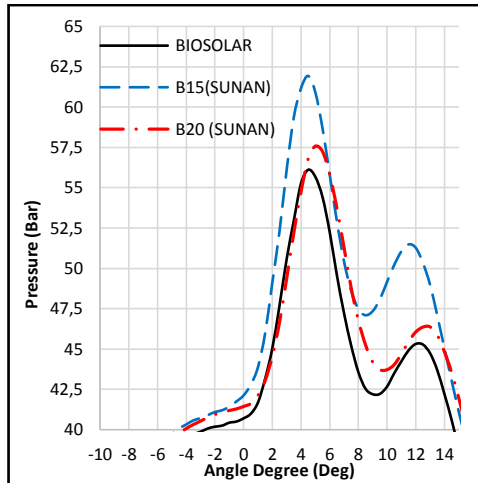
- f. Menghidupkan mesin Yanmar dan perekaman data proses pembakaran sesuai dengan RPM dan pembebanan yang diinginkan.
- g. Dalam proses perekaman *combustion analysis*, juga dilakukan proses pencatatan data seperti RPM generator, arus listrik, voltase, dan waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan 10 ml bahan bakar. Proses pencatatan ini dilakukan untuk mendapatkan data *engine perform*.

### 3. GRAFIK *COMBUSTION ENGINE* PADA RPM 1800,1900, 2000, DAN 2200 PADA *LOAD* 100%

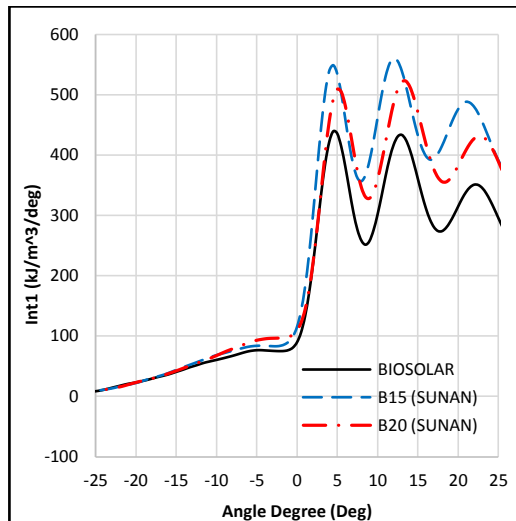
#### 3.1.RPM 1800 Pada *Load* 0%



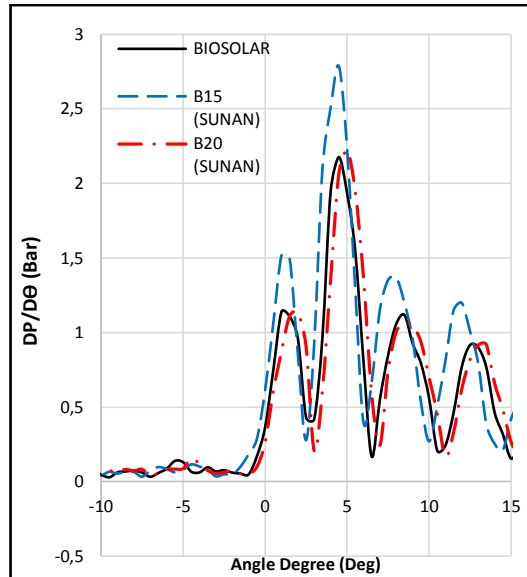
Gambar Lampiran 6 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 0%



Gambar Lampiran 7 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-10^0$  Sampai  $15^0$  di RPM 1800 Dengan *Load* 0 %

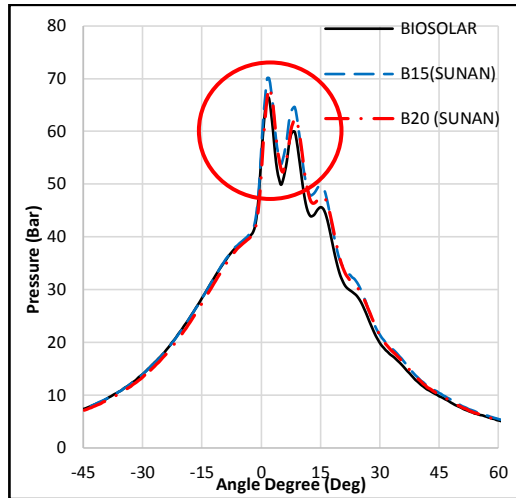


Gambar Lampiran 8 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 0 %

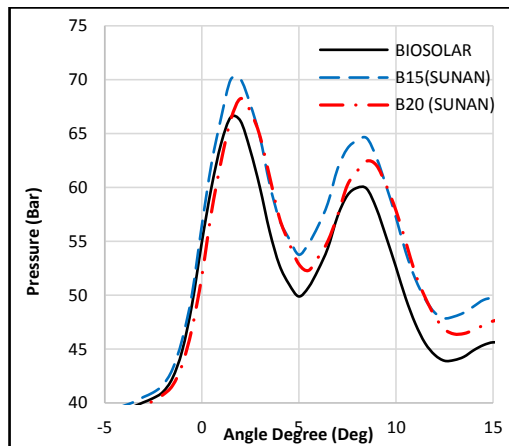


Gambar Grafik Lampiran 9 Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 0%

### 3.2. RPM 1800 Pada Load 25%

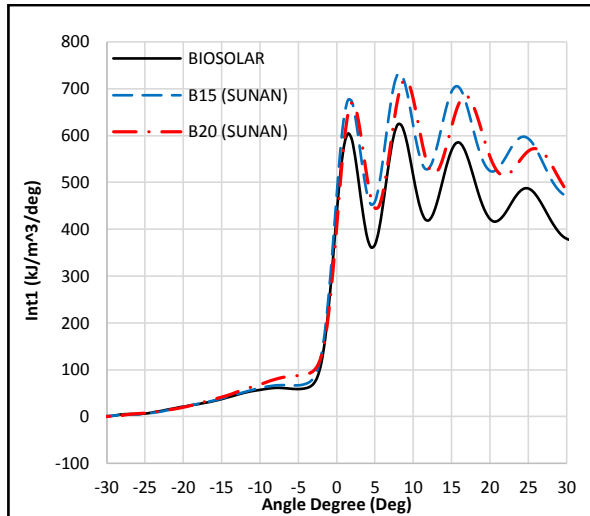


Gambar Lampiran 10 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 1800 Dengan Load 25%

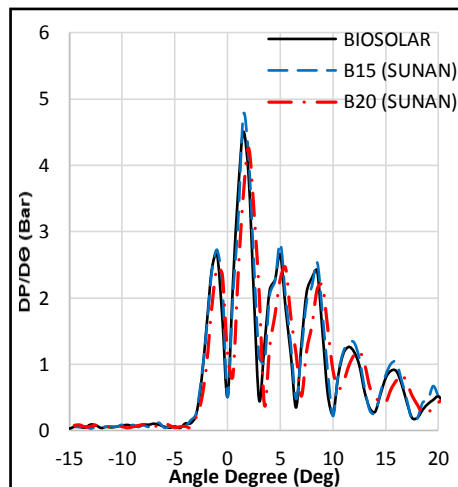


Gambar Lampiran 11 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-5^{\circ}$  Sampai  $15^{\circ}$  di RPM 1800 Dengan Load 25%



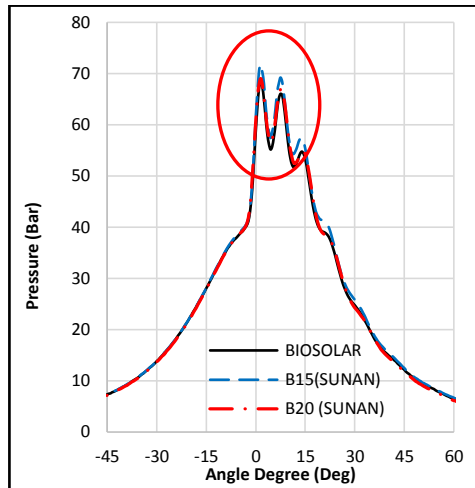


Gambar Lampiran 12 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 25 %

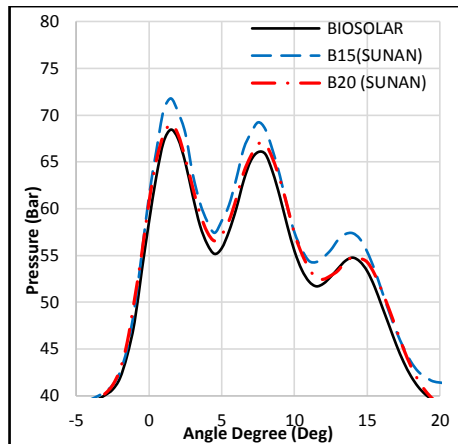


Gambar Lampiran 13 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 25%

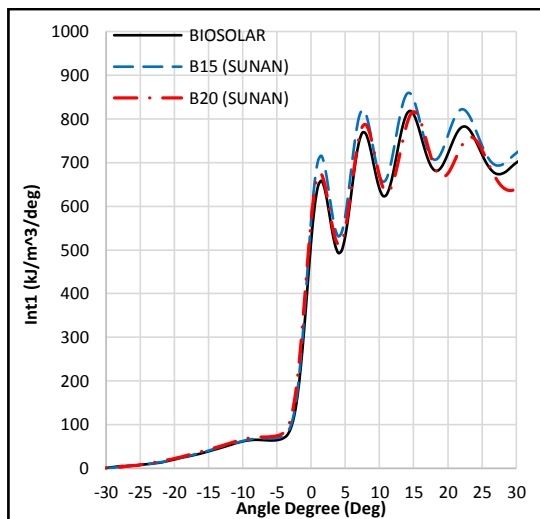
### 3.3. RPM 1800 Pada *Load* 50 %



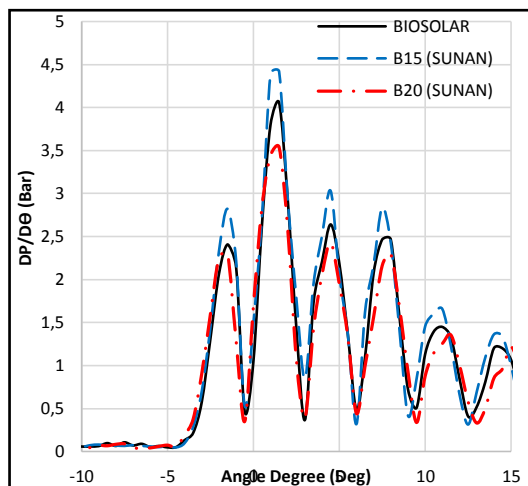
Gambar Lampiran 14 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 50%



Gambar Lampiran 15 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-5^0$  Sampai  $20^0$  di RPM 1800 Dengan *Load* 50%

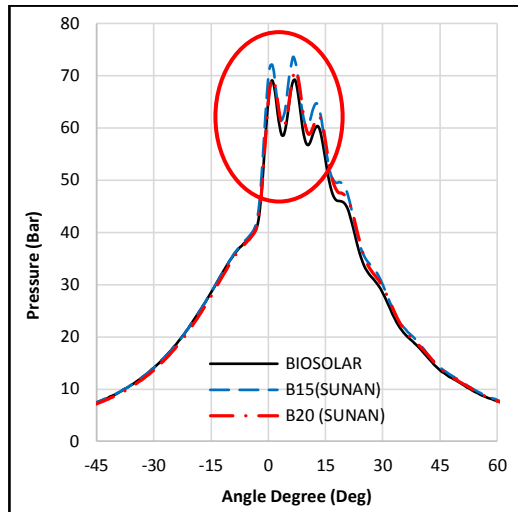


Gambar Lampiran 16 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 50 %

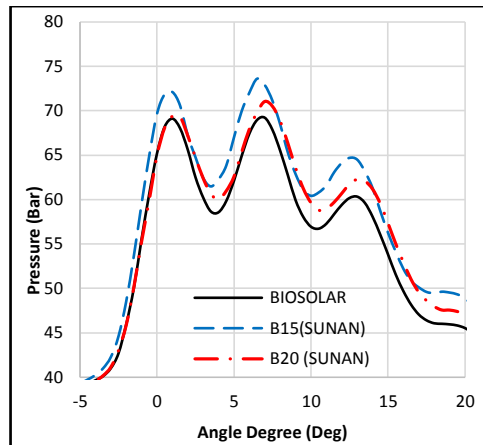


Gambar Lampiran 17 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 50 %

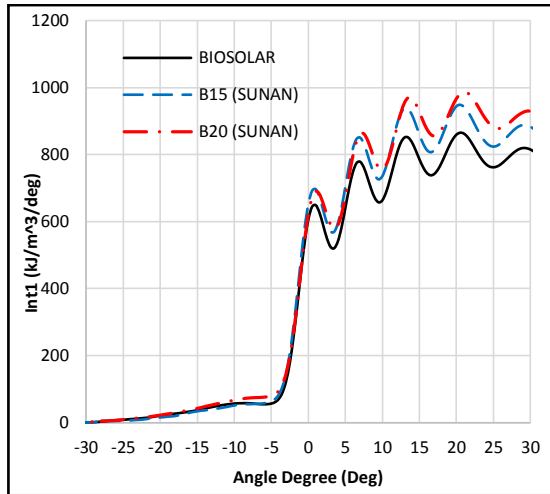
### 3.4.RPM 1800 Pada *Load* 75 %



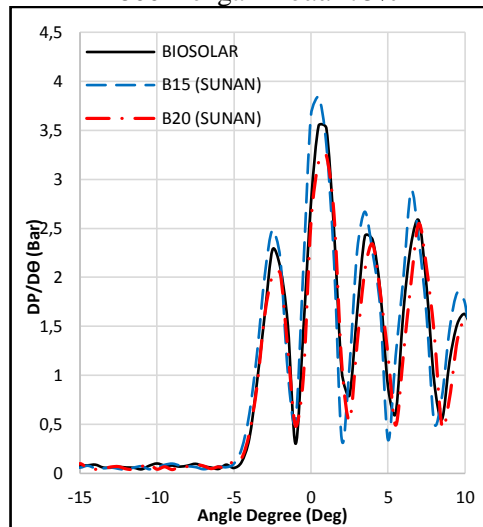
Gambar Lampiran 18 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 75%



Grafik Lampiran 19 Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-5^{\circ}$  Sampai  $20^{\circ}$  di RPM 1800 Dengan *Load* 50%

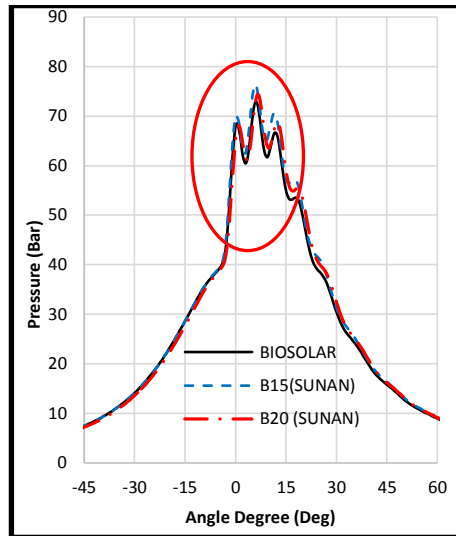


Gambar Lampiran 20 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 75%

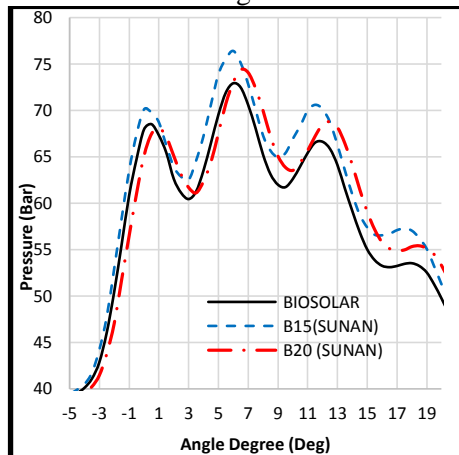


Gambar Lampiran 21 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 75%

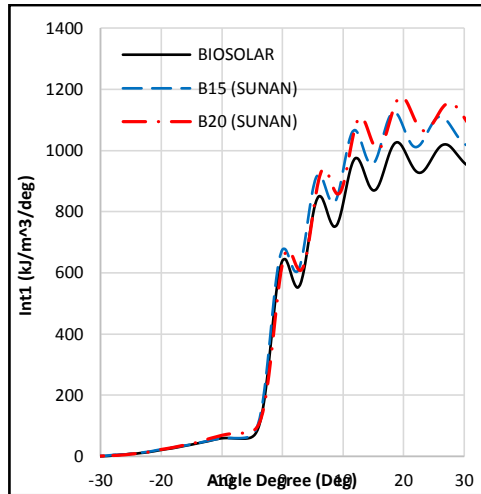
### 3.5. RPM 1800 Pada *Load* 100%



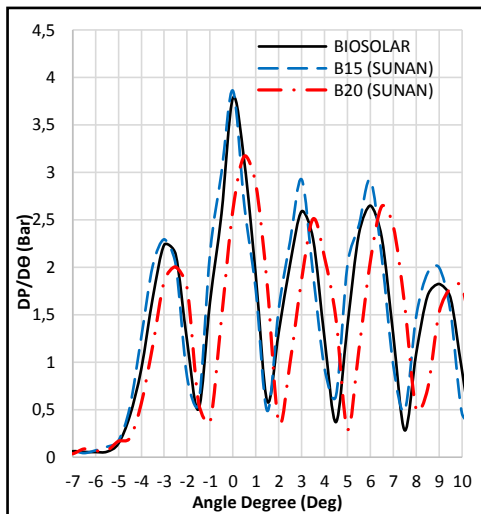
Gambar Lampiran 22 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 100%



Gambar Lampiran 23 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-5^{\circ}$  Sampai  $20^{\circ}$  di RPM 1800 Dengan *Load* 100%

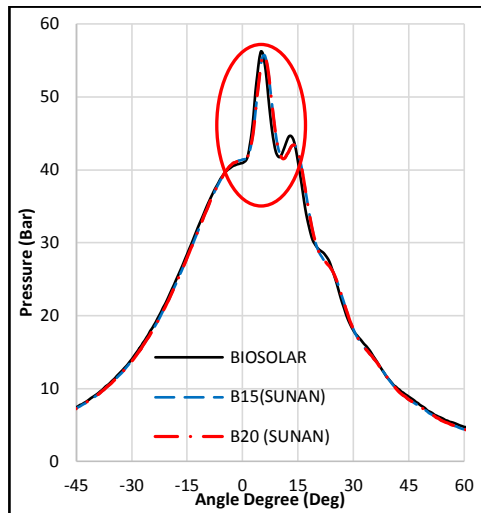


Gambar Lampiran 24 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 100 %

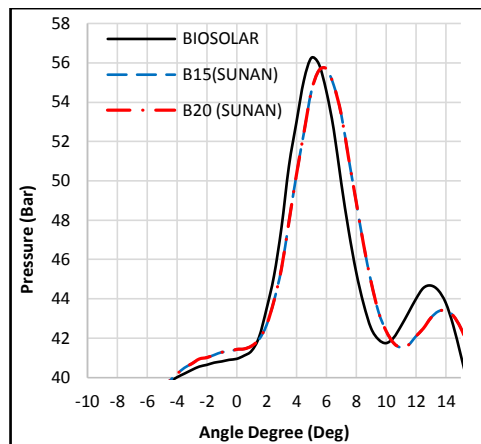


Gambar Lampiran 25 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 1800 Dengan *Load* 100%

### 3.6. RPM 1900 Pada *Load* 0%

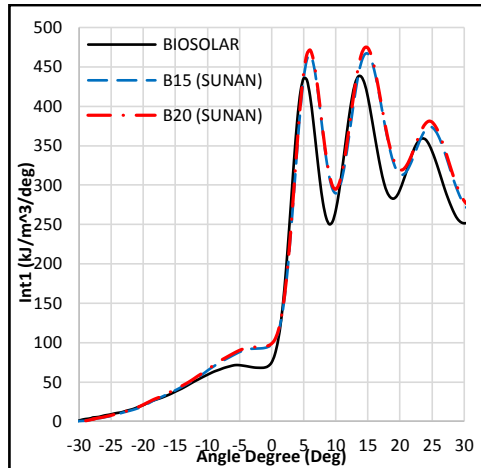


Gambar Lampiran 26 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 1900 Dengan *Load* 0%

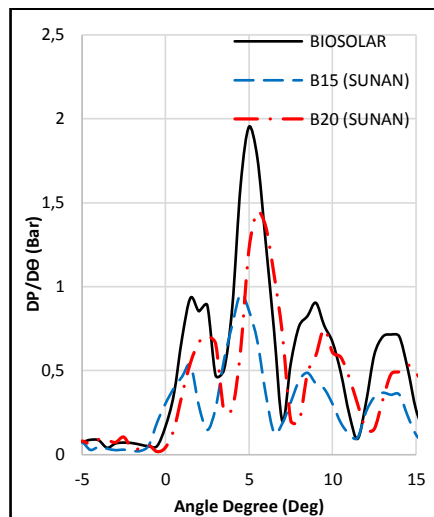


Gambar Lampiran 27 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-10^{\circ}$  Sampai  $15^{\circ}$  RPM 1900 Dengan *Load* 0%



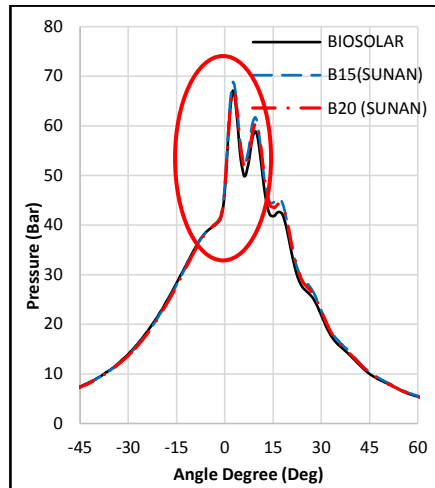


Gambar Lampiran 28 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 1900 Dengan *Load* 0 %

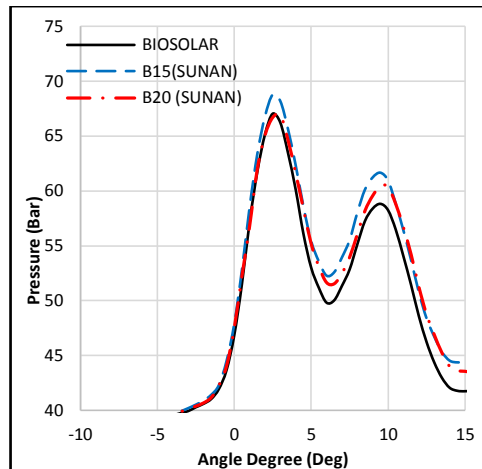


Grafik Lampiran 29 Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 1900 Dengan *Load* 0%

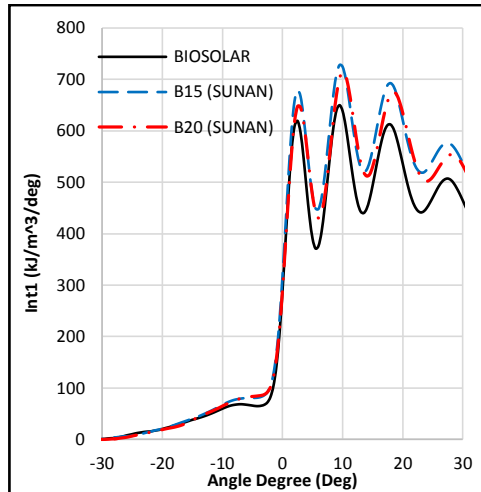
### 3.7. RPM 1900 Pada *Load* 25%



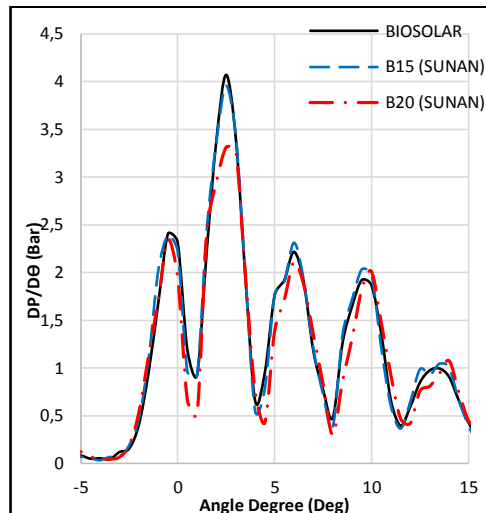
Grafik Lampiran 30 Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 1900 Dengan *Load* 25%



Grafik Lampiran 31 Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-10^0$  Sampai  $15^0$  RPM 1900 Dengan *Load* 25%

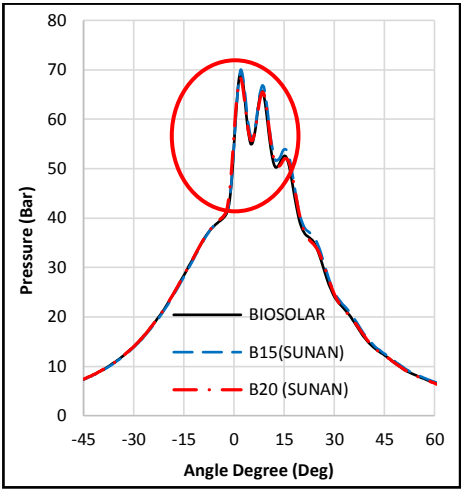


Grafik Lampiran 32 Analisa *Heat Release* Pada RPM 1900 Dengan *Load* 25%

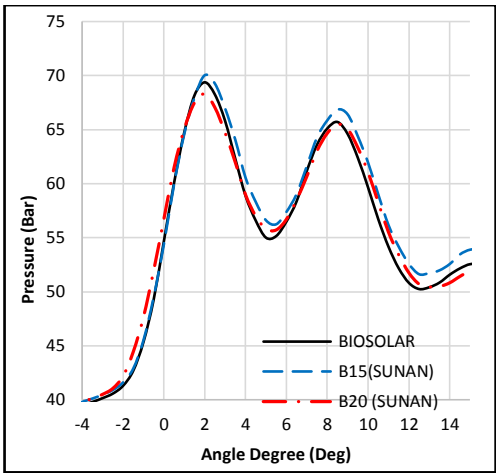


Grafik Lampiran 33 Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 1900 Dengan *Load* 25%

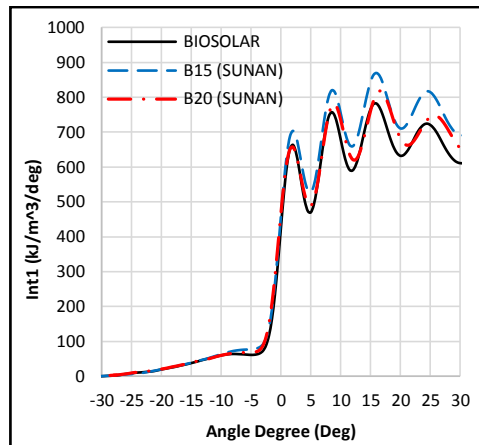
3.8. RPM 1900 Pada Load 50 %



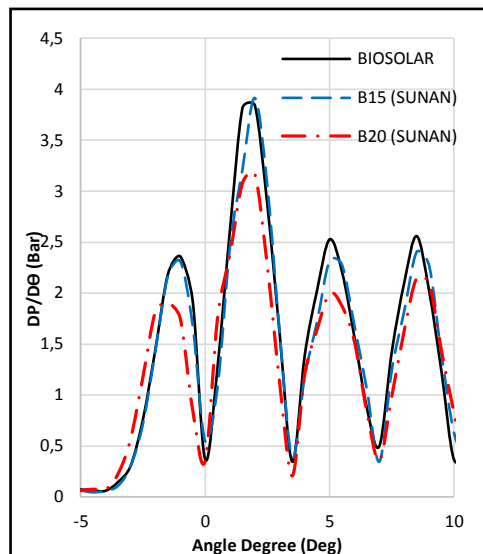
Gambar Lampiran 34 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 1900 Dengan Load 50%



Gambar Lampiran 35 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-4^{\circ}$  Sampai  $15^{\circ}$  RPM 1900 Dengan Load 50%

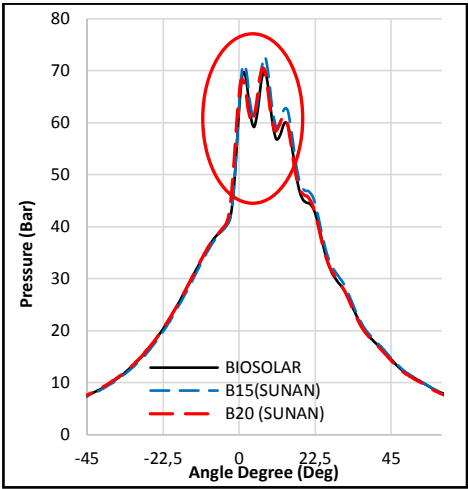


Gambar Lampiran 36 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 1900 Dengan *Load* 50%

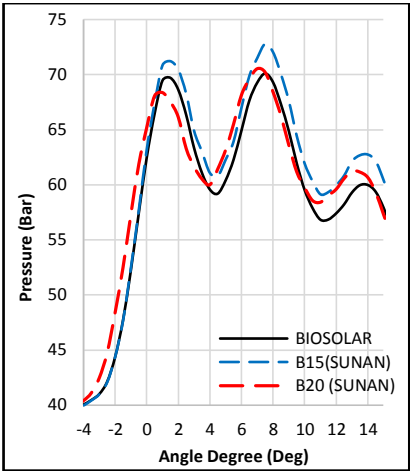


Gambar Lampiran 37 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 1900 Dengan *Load* 50 %

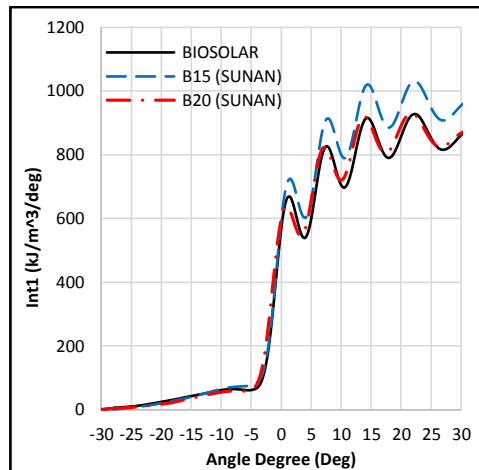
3.9. RPM 1900 Pada *Load* 75 %



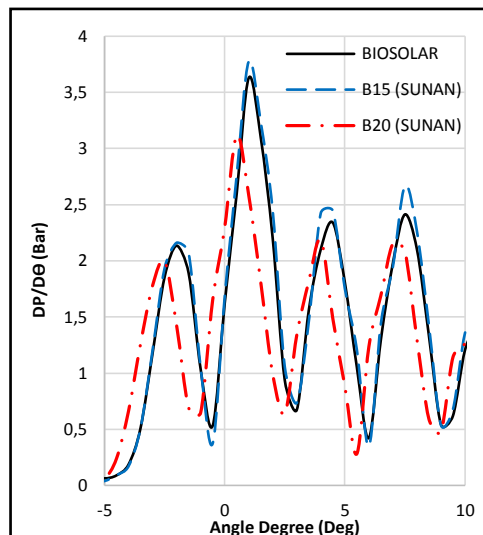
Gambar Lampiran 38 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 1900 Dengan *Load* 75%



Gambar Lampiran 39 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut -4<sup>0</sup> Sampai 15<sup>0</sup> di RPM 1900 Dengan *Load* 75%

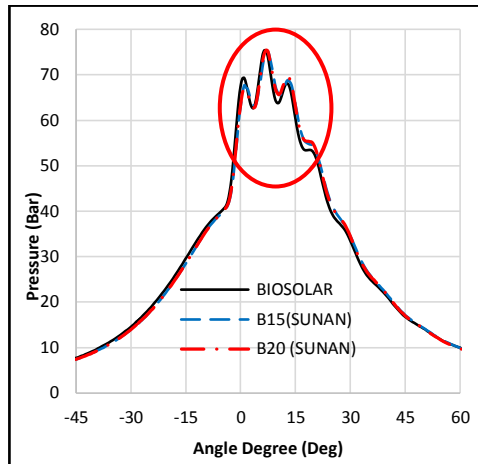


Gambar Lampiran 40 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 1900 Dengan Load 75%

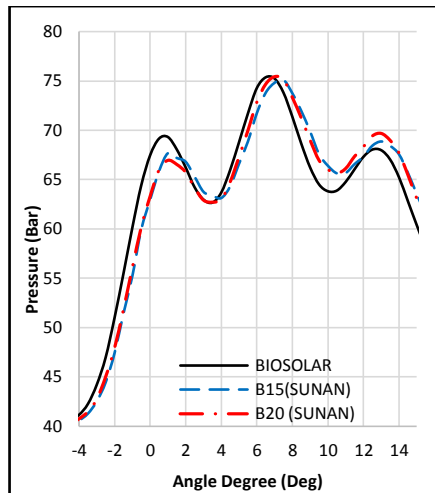


Gambar Lampiran 41 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 1900 Dengan Load 75 %

### 3.10. RPM 1900 Pada *Load* 100%

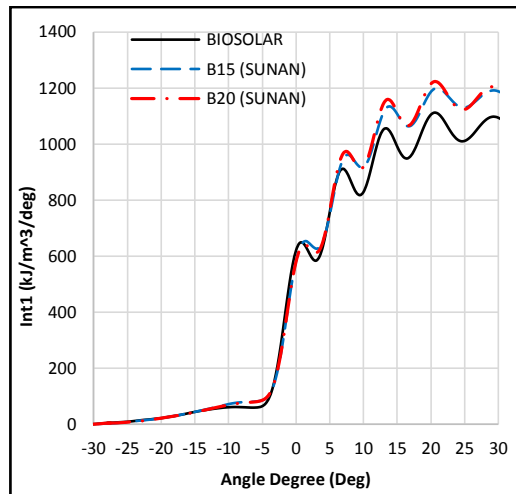


Grafik Lampiran 41 Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 1900 Dengan *Load* 100%

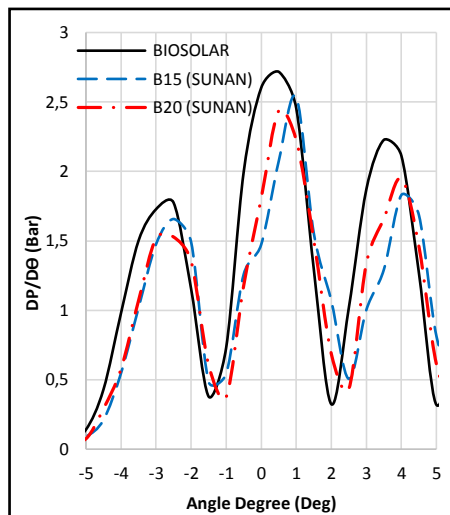


Grafik Lampiran 42 Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-4^{\circ}$  Sampai  $15^{\circ}$  di RPM 1900 Dengan *Load* 100%



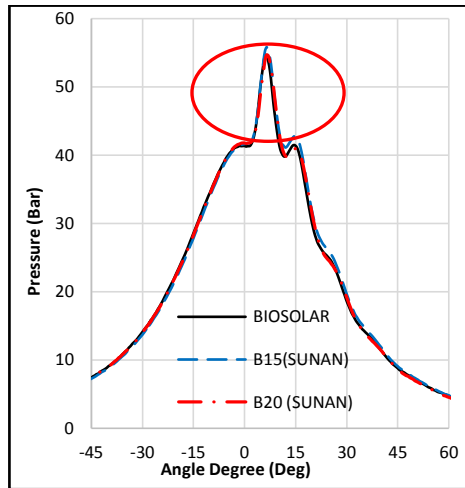


Gambar Lampiran 43 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 1900 Dengan *Load* 100 %

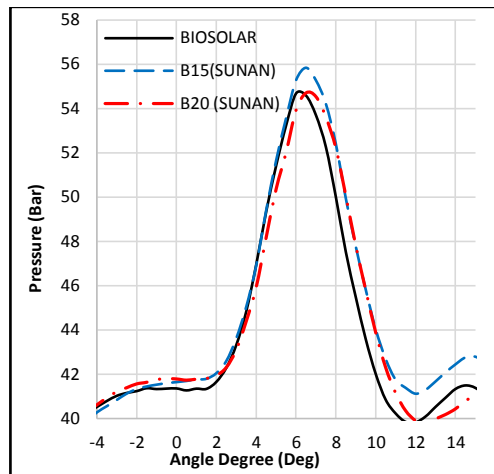


Gambar Lampiran 44 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 1900 Dengan *Load* 100%

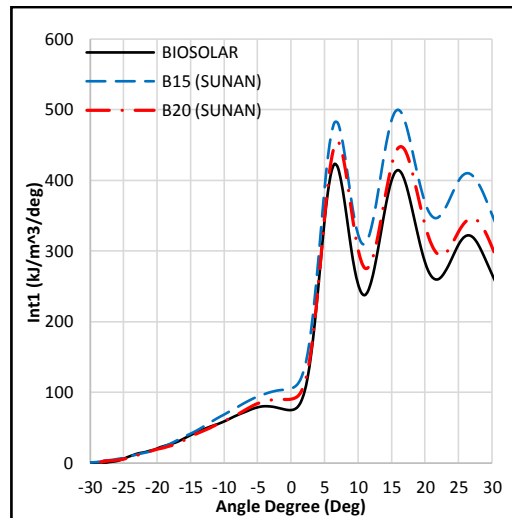
### 3.11. RPM 2000 Pada *Load* 0%



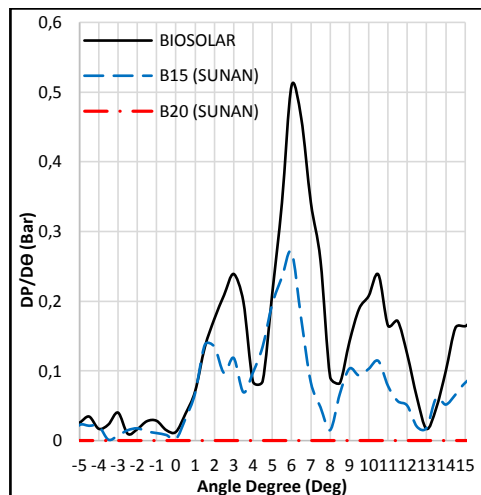
Gambar Lampiran 45 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 0%



Grafik Lampiran 46 Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-4^{\circ}$  Sampai  $15^{\circ}$  di RPM 2000 Dengan *Load* 0%

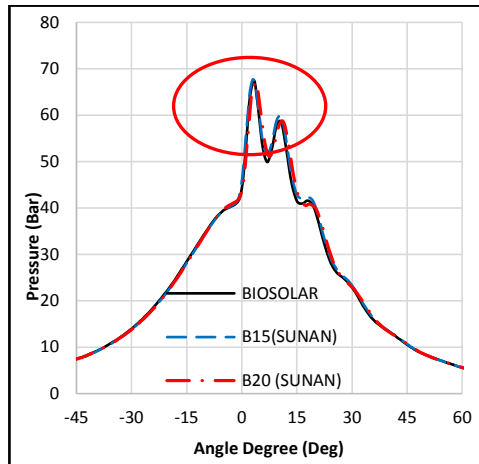


Gambar Lampiran 47 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 0 %

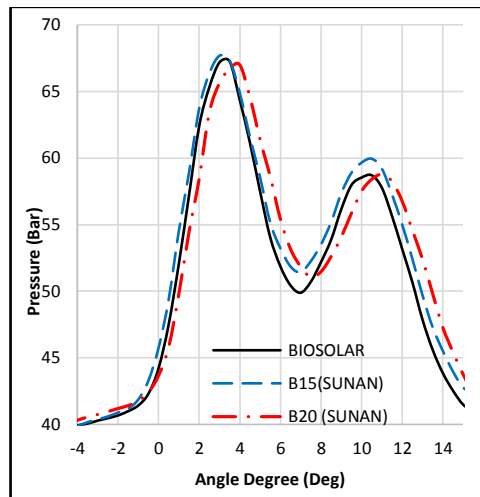


Gambar Lampiran 48 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 0%

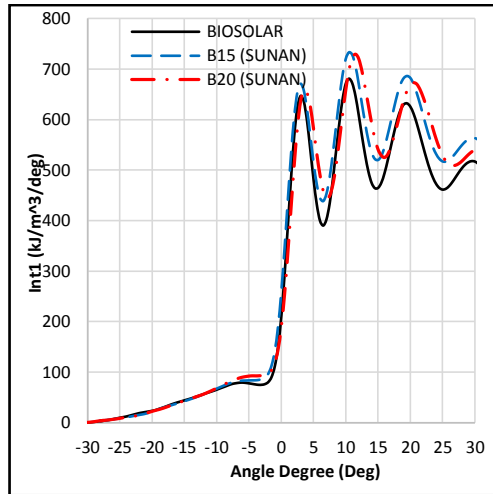
### 3.12. RPM 2000 Pada *Load* 25%



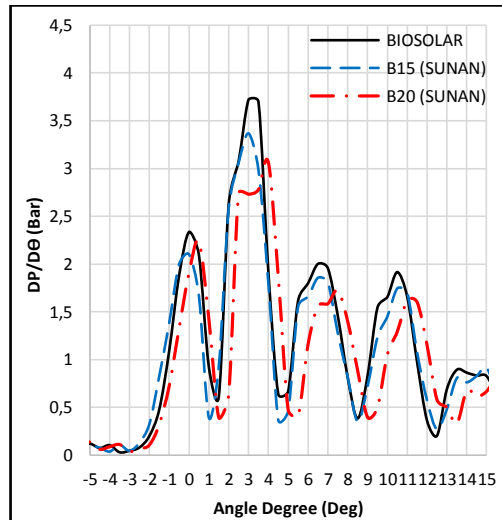
Gambar Lampiran 49 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 25%



Gambar Lampiran 50 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-4^{\circ}$  Sampai  $15^{\circ}$  di RPM 2000 Dengan *Load* 25%

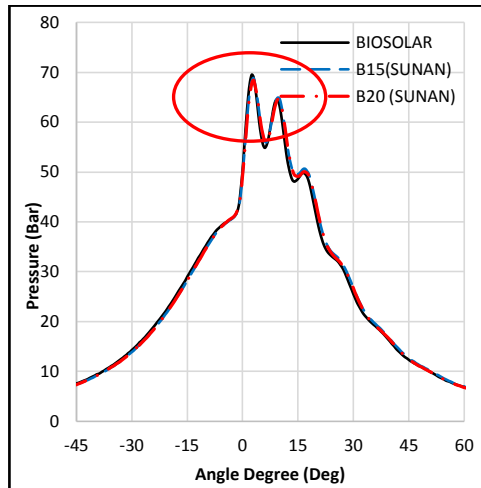


Gambar Lampiran 51 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 25 %

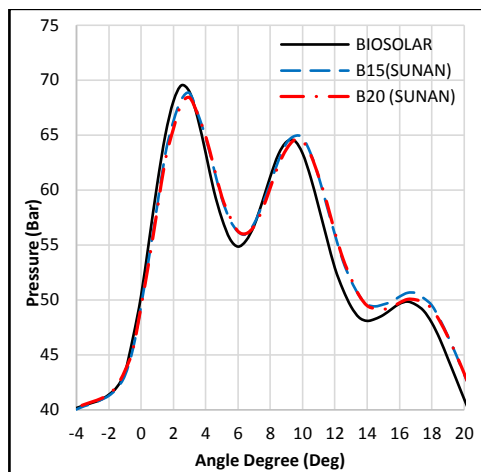


Gambar Lampiran 52 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 25%

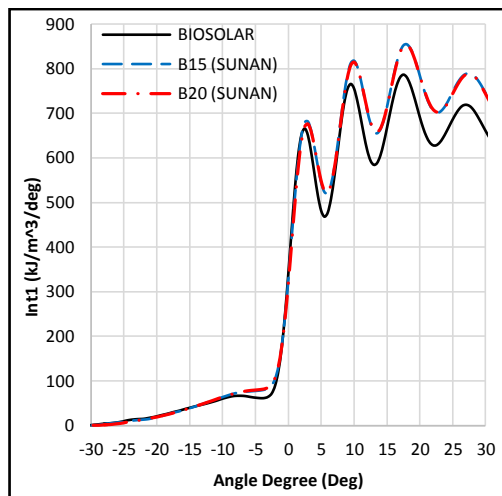
### 3.13. RPM 2000 Pada *Load* 50%



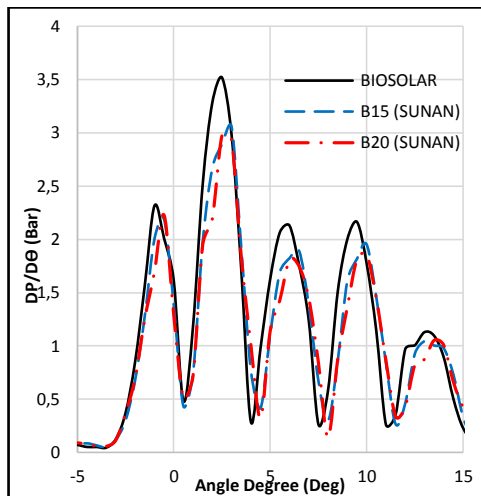
Gambar Lampiran 53 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 50%



Gambar Lampiran 54 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-4^{\circ}$  Sampai  $20^{\circ}$  di RPM 2000 Dengan *Load* 50%

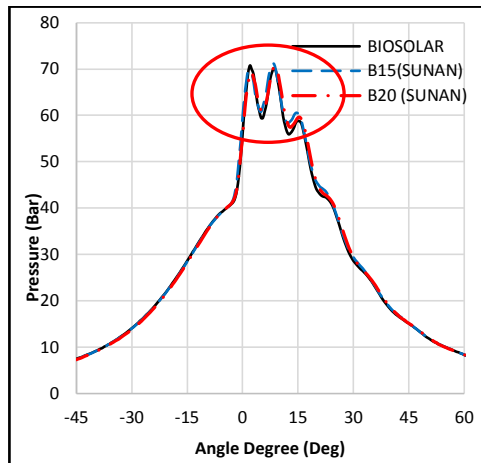


Gambar Lampiran 55 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 50 %

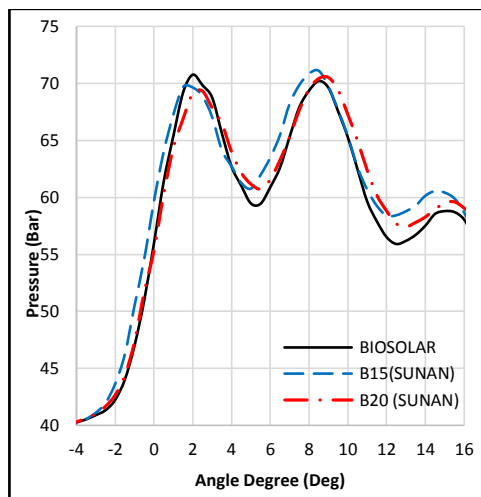


Gambar Lampiran 56 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 50%

### 3.14. RPM 2000 Pada *Load* 75%

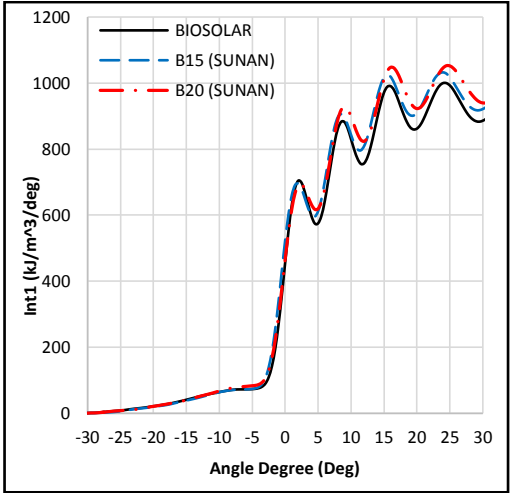


Gambar Lampiran 57 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 75%

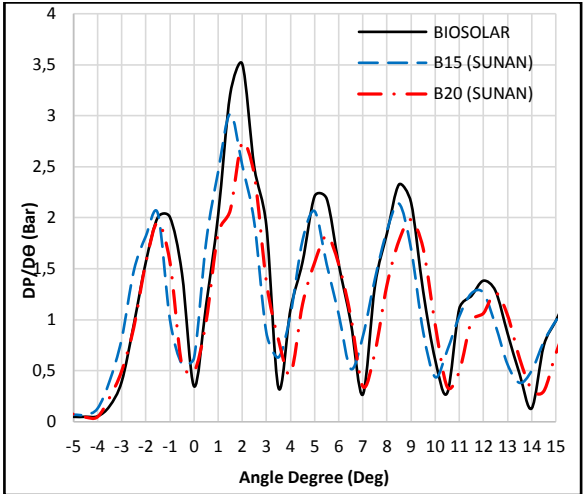


Gambar Lampiran 58 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-4^{\circ}$  Sampai  $16^{\circ}$  di RPM 2000 Dengan *Load* 75%



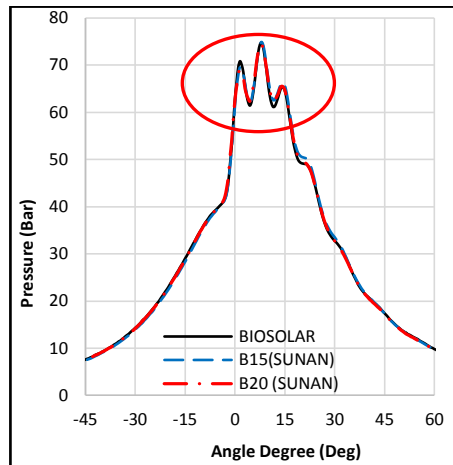


Gambar Lampiran 59 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 75 %

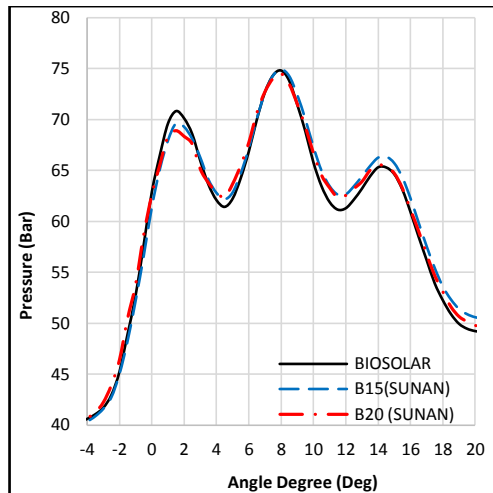


Gambar Lampiran 60 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 75%

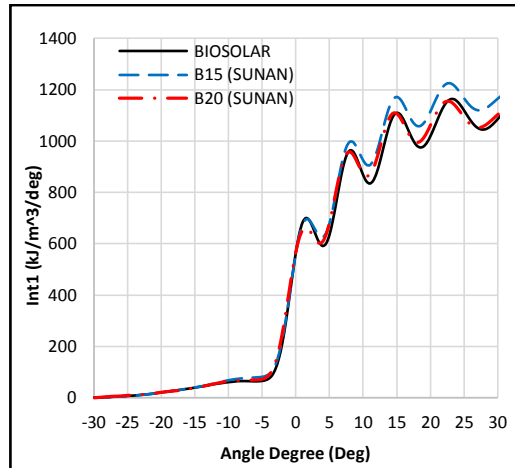
### 3.15. RPM 2000 Pada *Load* 100%



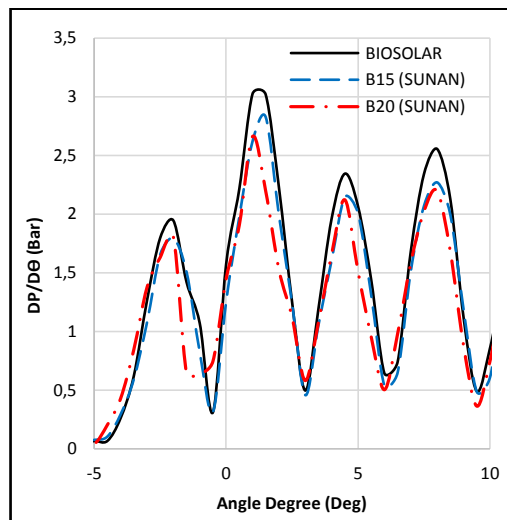
Gambar Lampiran 61 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 100%



Gambar Lampiran 62 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-4^{\circ}$  Sampai  $20^{\circ}$  di RPM 2000 Dengan *Load* 100%

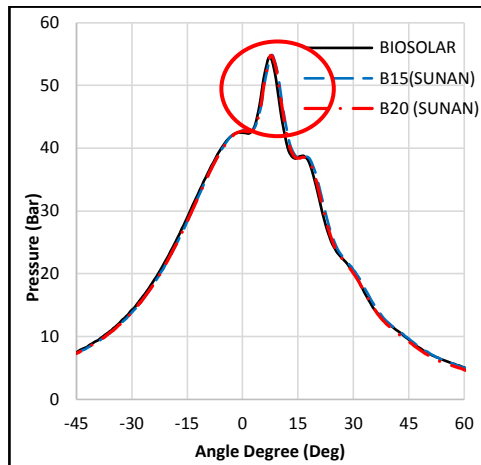


Gambar Lampiran 63 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 100 %

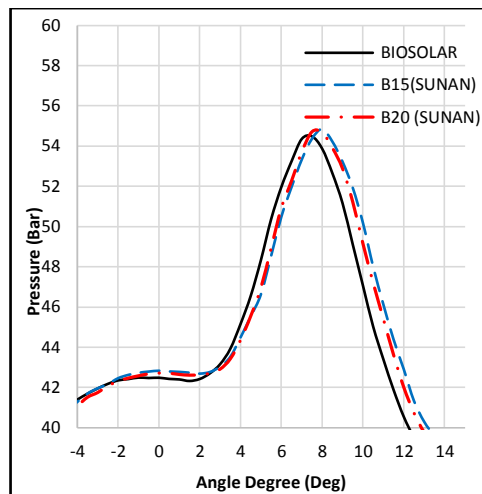


Gambar Lampiran 64 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 2000 Dengan *Load* 100%

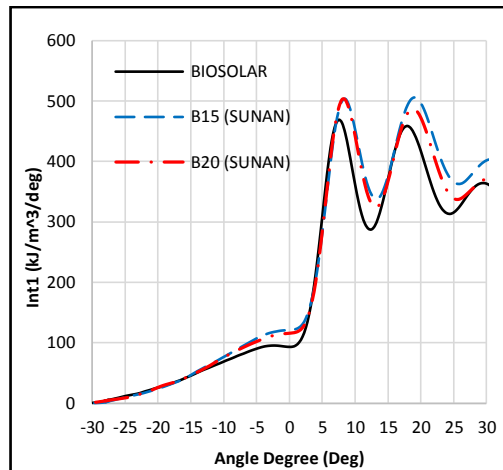
### 3.16. RPM 2200 Pada *Load* 0%



Gambar Lampiran 65 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 2200 Dengan *Load* 0%

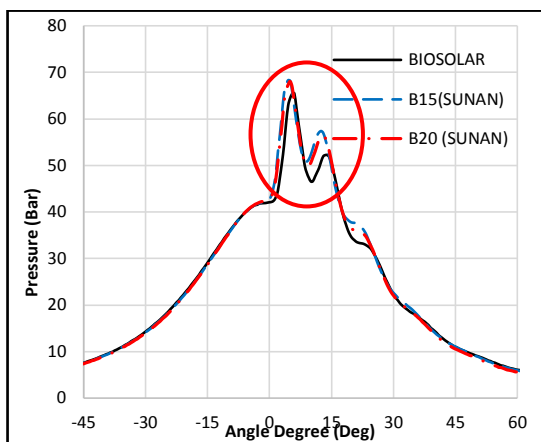


Gambar Lampiran 66 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-4^{\circ}$  Sampai  $15^{\circ}$  di RPM 2200 Dengan *Load* 0%

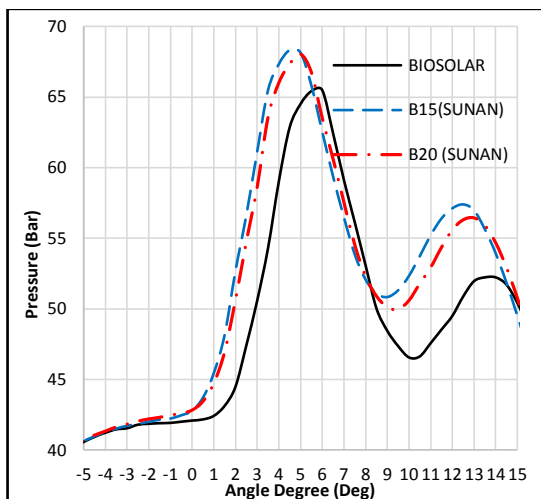


Gambar Lampiran 67 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 2200 Dengan *Load* 0 %

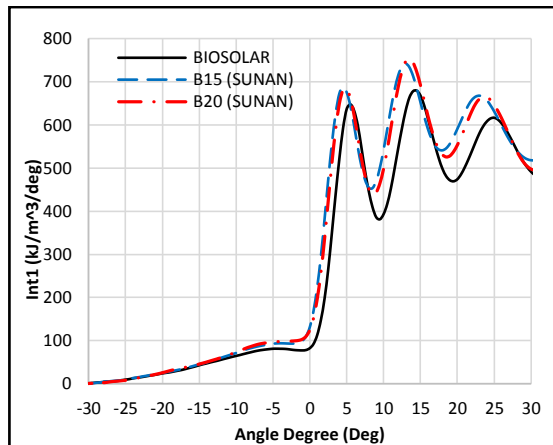
### 3.17. RPM 2200 Pada *Load* 25%



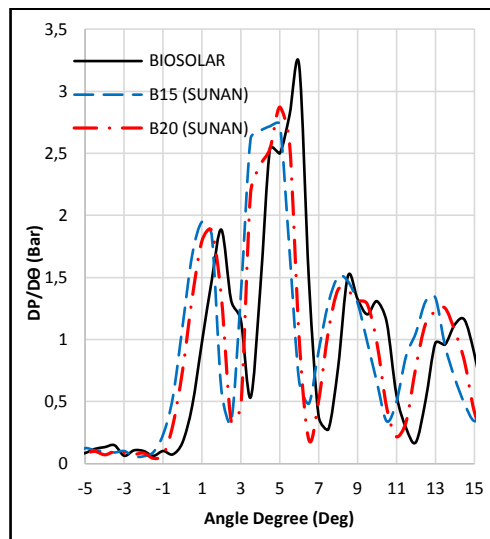
Gambar Lampiran 68 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 2200 Dengan *Load* 25%



Gambar Lampiran 69 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-5^{\circ}$  Sampai  $15^{\circ}$  di RPM 2200 Dengan *Load* 25%

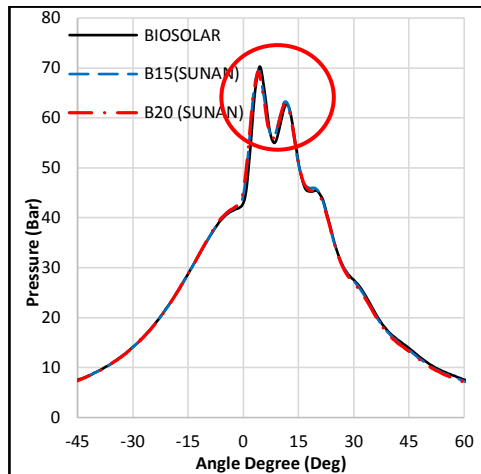


Gambar Lampiran 70 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 2200 Dengan *Load* 25 %

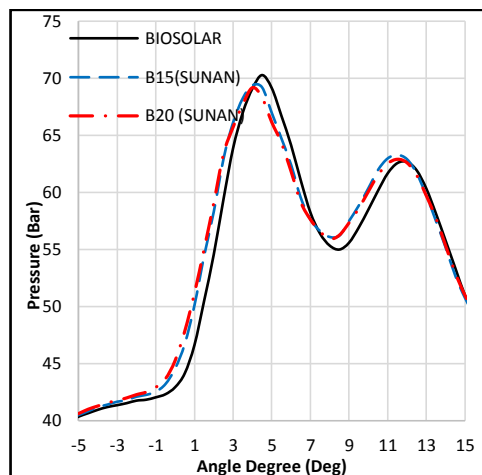


Gambar Lampiran 71 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 2200 Dengan *Load* 25%

### 3.18. RPM 2200 Pada *Load* 50%

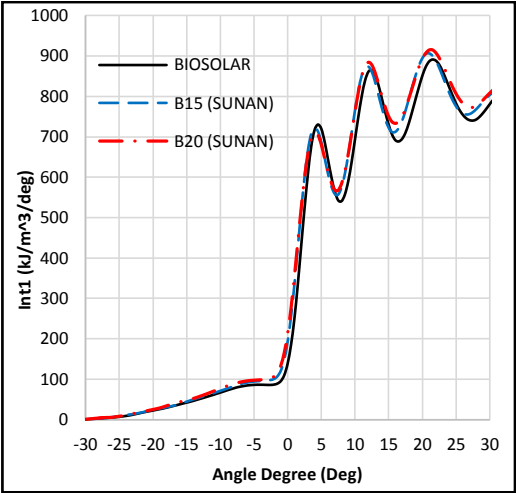


Gambar Lampiran 72 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 2200 Dengan *Load* 50 %

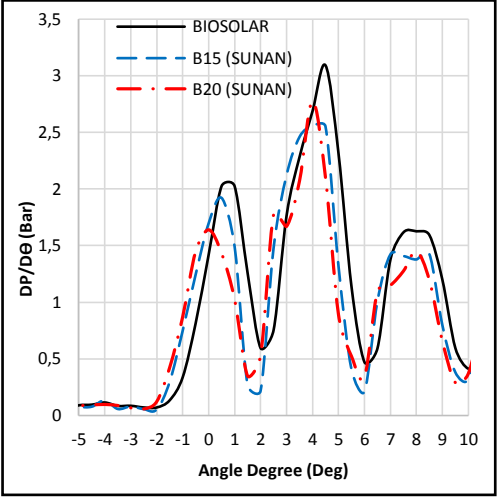


Gambar Lampiran 73 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-5^{\circ}$  Sampai  $15^{\circ}$  di RPM 2200 Dengan *Load* 50%



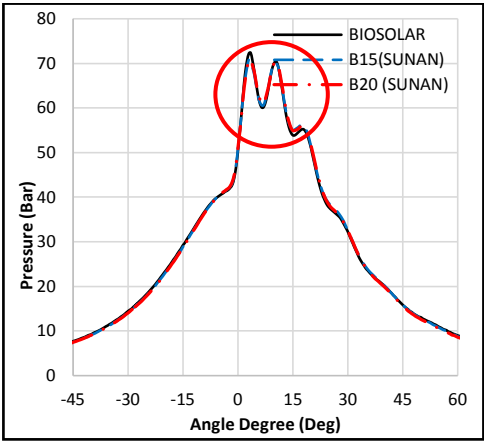


Gambar Lampiran 74 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 2200 Dengan *Load* 50 %

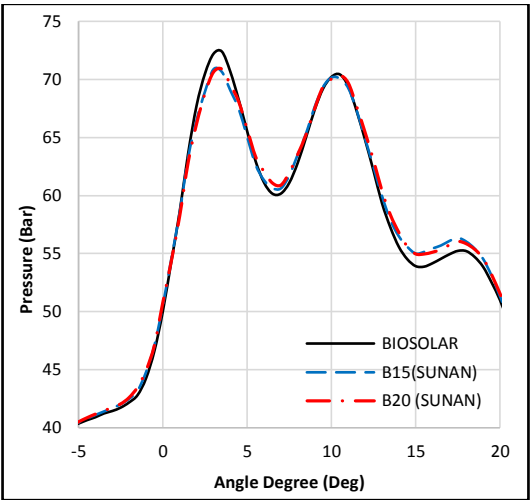


Gambar Lampiran 75 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 2200 Dengan *Load* 50%

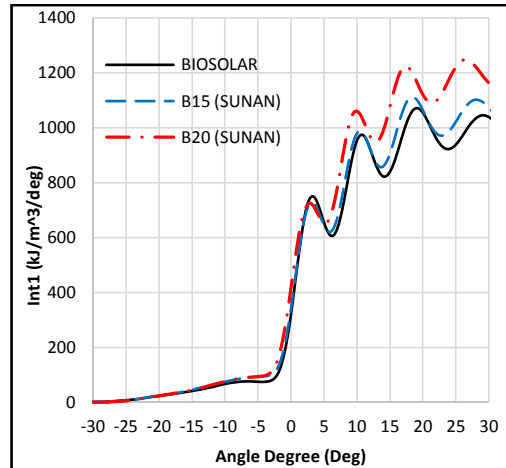
3.19. RPM 2200 Pada *Load* 75%



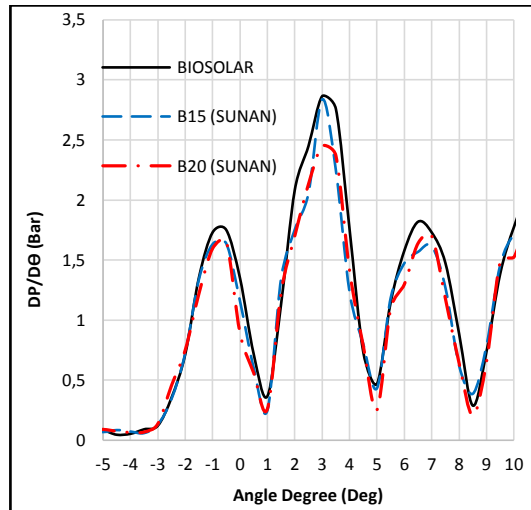
Gambar Lampiran 76 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 2200 Dengan *Load* 75%



Gambar Lampiran 77 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-5^{\circ}$  Sampai  $20^{\circ}$  di RPM 2200 Dengan *Load* 75%

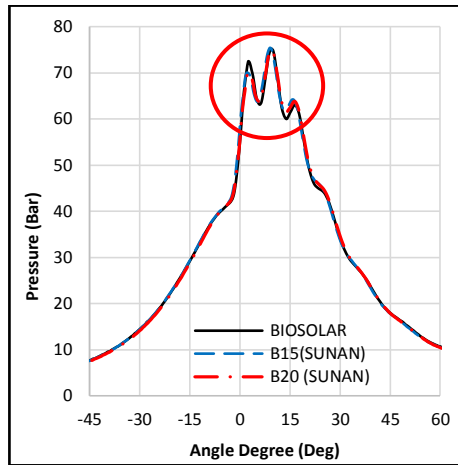


Gambar Lampiran 78 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 2200 Dengan *Load* 75%

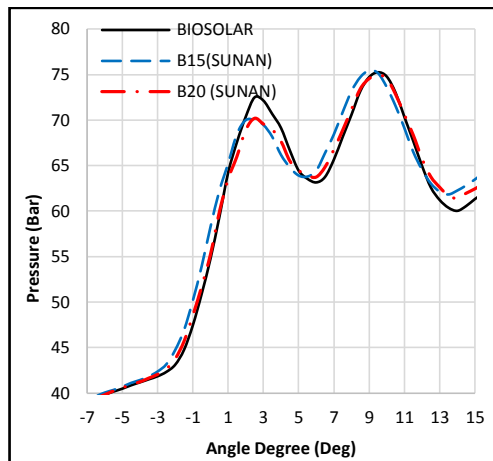


Gambar Lampiran 79 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 2200 Dengan *Load* 75%

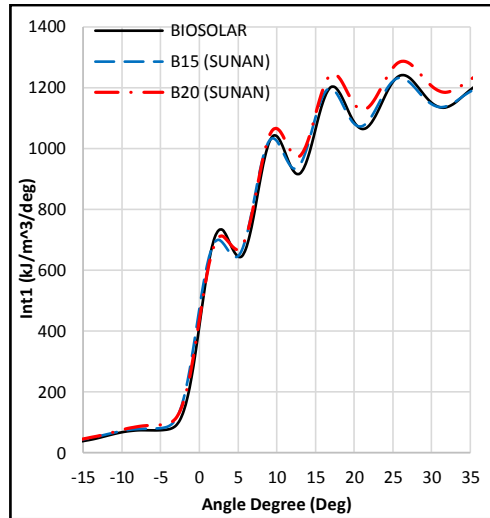
### 3.20. RPM 2200 Pada *Load* 100%



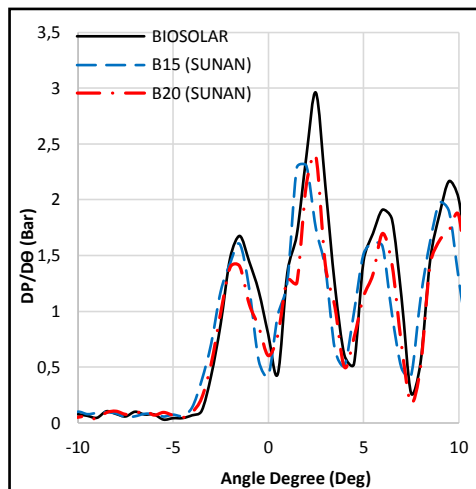
Gambar Lampiran 80 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada RPM 2200 Dengan *Load* 100%



Gambar Lampiran 81 Grafik Analisa Maksimum *Pressure* Pada Sudut  $-7^{\circ}$  Sampai  $15^{\circ}$  di RPM 2200 Dengan *Load* 100%



Gambar Lampiran 82 Grafik Analisa *Heat Release* Pada RPM 2200 Dengan Load 100 %

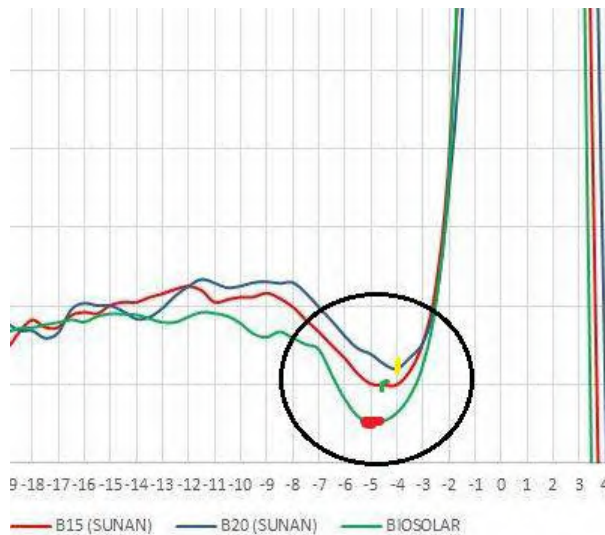


Gambar Lampiran 83 Grafik Analisa *Knocking Detection* Pada RPM 2200 Dengan Load 100%

#### 4. PERHITUNGAN *IGNITION DELAY*

##### - Cara Mendapatkan Ignition Delay

Ignition Delay didapatkan dari grafik *combustion process* pada parameter grafik *heat release*. Dari heat release dapat diketahui kapan bahan bakar mulai mengalami proses pembakaran. Dari titik itulah akan didapatkan *igniton delay* suatu proses pembakaran. Berikut gambar proses pencarian titik akhir *ignition delay*.



Gambar Lampiran 86 Proses Pencarian Titik Akhir *Ignition Delay*

- **Perhitungan Timming Ignition Delay**

Ketika sudah didapatkan titik akhir dari *Ignition delay* maka dapat kita tentikan *timming ignition delay* dengan cara :

$$\text{Timming Ignition Delay} = \frac{1}{\frac{rps}{360}} \times \text{abs}(a-b) \times 1000$$

Dimana :

*Timming Ignition Delay* = Waktu *ignition delay* (ms)

Rps = Putaran mesin persekon

a = posisi awal *ignition* ( $-18^0$ )

b = posisi akhir *ignition*

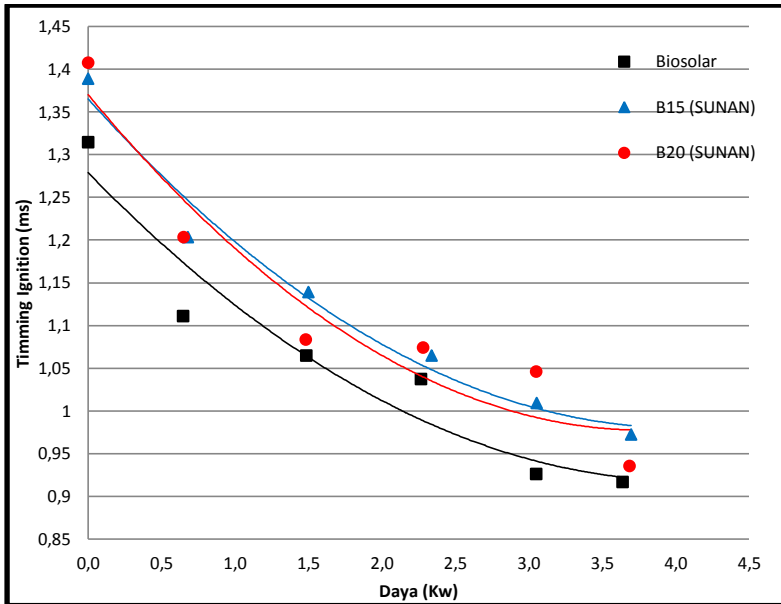
Tabel Lampiran 3. Data Ignition Timming Dari Biosolar,B15, dan B20

RPM	RPS	Bebabn Lampu (Kw)	Timming Injeksi Mesin ( °)	Batas ignition Delay ( °)			Ignition Delay ( °)			Timming Ignition Delay (ms)		
				Biosolar	B15	B20	Biosolar	B15	B20	Biosolar	B15	B20
1800	30	0	-18	-3	-3,3	-2,8	15	14,7	15,2	1,388888889	1,361111111	1,407407407
1800	30	1000	-18	-5,7	-5,8	-5	12,3	12,2	13	1,138888889	1,12962963	1,203703704
1800	30	2000	-18	-5,9	-6	-6,2	12,1	12	11,8	1,12037037	1,111111111	1,092592593
1800	30	3000	-18	-6,4	-7	-6,5	11,6	11	11,5	1,074074074	1,018518519	1,064814815
1800	30	4000	-18	-7,3	-7,5	-6,8	10,7	10,5	11,2	0,990740741	0,972222222	1,037037037
1800	30	5000	-18	-7,7	-8	-7,9	10,3	10	10,1	0,953703704	0,925925926	0,935185185
1900	31,67	0	-18	-2	-1,8	-1,8	16	16,2	16,2	1,403508772	1,421052632	1,421052632
1900	31,67	1000	-18	-4,7	-4,5	-3,8	13,3	13,5	14,2	1,166666667	1,184210526	1,245614035
1900	31,67	2000	-18	-5,4	-5,5	-5,8	12,6	12,5	12,2	1,105263158	1,096491228	1,070175439
1900	31,67	3000	-18	-6,3	-6,5	-6,7	11,7	11,5	11,3	1,026315789	1,00877193	0,99122807
1900	31,67	4000	-18	-6,5	-7,5	-6	11,5	10,5	12	1,00877193	0,921052632	1,052631579
1900	31,67	5000	-18	-7,8	-8,9	-8,3	10,2	9,1	9,7	0,894736842	0,798245614	0,850877193
2000	33,33	0	-18	-1	-1,2	-0,8	17	16,8	17,2	1,416666667	1,4	1,433333333
2000	33,33	1000	-18	-4	-4,2	-3,9	14	13,8	14,1	1,166666667	1,15	1,175
2000	33,33	2000	-18	-5	-4,8	-4,7	13	13,2	13,3	1,083333333	1,1	1,108333333
2000	33,33	3000	-18	-5,8	-6	-5,9	12,2	12	12,1	1,016666667	1	1,008333333
2000	33,33	4000	-18	-6,6	-6,5	-6,9	11,4	11,5	11,1	0,95	0,958333333	0,925
2000	33,33	5000	-18	-7	-7,5	-6,5	11	10,5	11,5	0,916666667	0,875	0,958333333
2100	35	0	-18	-0,9	-0,7	-0,5	17,1	17,3	17,5	1,357142857	1,373015873	1,388888889
2100	35	1000	-18	-3,1	-3,2	-2,8	14,9	14,8	15,2	1,182539683	1,174603175	1,206349206
2100	35	2000	-18	-4,2	-4,1	-4	13,8	13,9	14	1,095238095	1,103174603	1,111111111
2100	35	3000	-18	-6	-5,9	-5,5	12	12,1	12,5	0,952380952	0,96031746	0,992063492
2100	35	4000	-18	-5,4	-5,5	-5,8	12,6	12,5	12,2	1	0,992063492	0,968253968
2100	35	5000	-18	-6,5	-7	-6,8	11,5	11	11,2	0,912698413	0,873015873	0,888888889
2200	36,67	0	-18	-0,8	-0,4	-0,3	17,2	17,6	17,7	1,303030303	1,333333333	1,340909091
2200	36,67	1000	-18	-2,5	-3	-2,8	15,5	15	15,2	1,174242424	1,136363636	1,151515152
2200	36,67	2000	-18	-3	-3,2	-3,3	15	14,8	14,7	1,136363636	1,121212121	1,113636364
2200	36,67	3000	-18	-5,3	-4,7	-5,5	12,7	13,3	12,5	0,962121212	1,007575758	0,946969697
2200	36,67	4000	-18	-5,5	-6,5	-5,6	12,5	11,5	12,4	0,946969697	0,871212121	0,939393939
2200	36,67	5000	-18	-6,5	-6,8	-6,7	11,5	11,2	11,3	0,871212121	0,848484848	0,856060606



- **Grafik Analisis Ignition Delay pada Berbagai Variasi Putaran.**

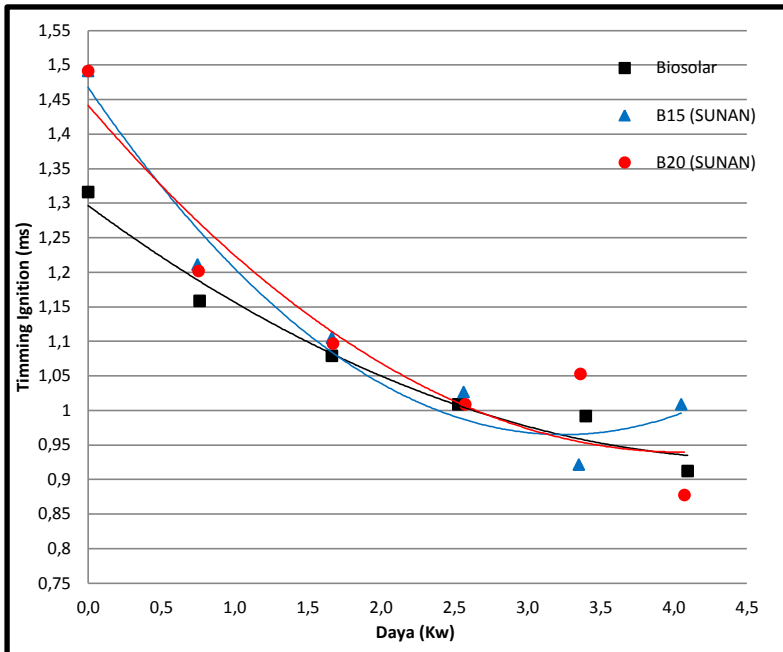
• **Pada Kondisi RPM 1800**



Gambar Lampiran 87 Grafik Analisa *Ignition Delay* Pada RPM 1800 Dari Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan).

Grafik diatas merupakan analisa *Ignition Delay* pada RPM 1800. Dari ketiga jenis bahan bakar didapatkan bahwa B15 (Kemiri Sunan) merupakan jenis bahan bakar yang paling cepat dalam waktu *ignition delay*. Pada kondisi pembebanan 100%, Biosolar lebih cepat dibanding dengan B20 (Kemiri Sunan) dan B15 (Kemiri Sunan) dengan selisih waktu 0,12 ms dan 0,083 ms

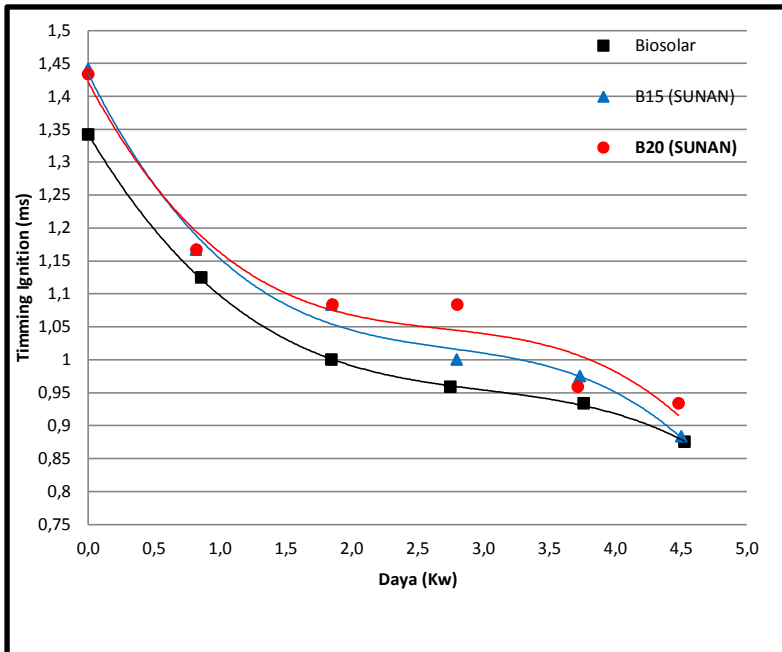
- Pada Kondisi RPM 1900



Gambar Lampiran 88 Grafik Analisa *Ignition Delay* Pada RPM 1900 Dari Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan).

Grafik diatas merupakan analisa *Ignition Delay* pada RPM 1900. Dari ketiga jenis bahan bakar didapatkan bahwa B15 (Kemiri Sunan) merupakan jenis bahan bakar yang paling cepat dalam waktu *ignition delay* pada kondisi pembebanan 100%, B15 (Kemiri Sunan) lebih cepat dibanding dengan Biosolar dengan selisih waktu 0,07 ms. Pada B20 (Kemiri Sunan) lebih lambat dibanding dengan Biosolar dengan selisih waktu 0,061 ms. Pada grafik diatas pada beban tinggi biodiesel lebih cepat dibanding dengan Biosolar.

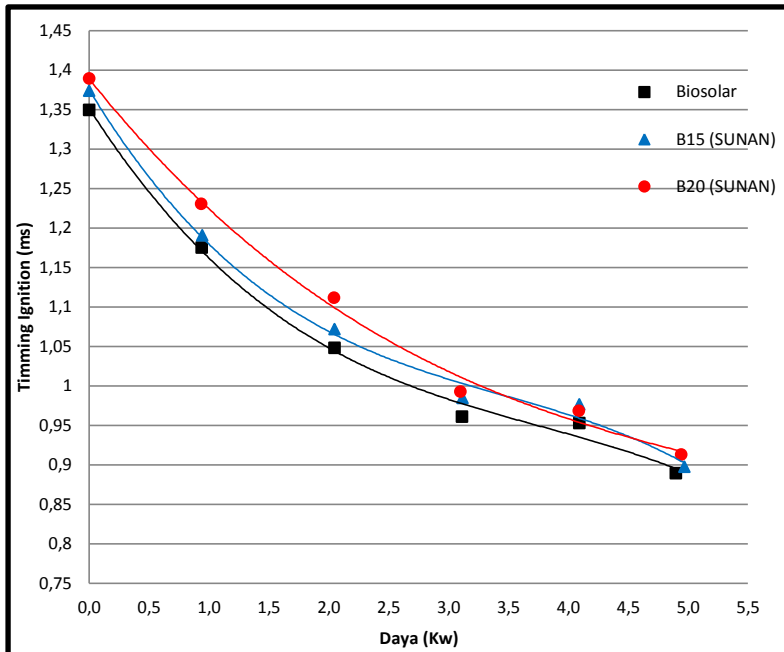
- Pada Kondisi RPM 2000



Gambar Lampiran 88 Grafik Analisa *Ignition Delay* Pada RPM 2000 Dari Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan).

Grafik diatas merupakan analisa *Ignition Delay* pada RPM 2000. Dari ketiga jenis bahan bakar didapatkan bahwa B15 (Kemiri Sunan) merupakan jenis bahan bakar yang paling cepat dalam waktu *ignition delay* pada kondisi pembebanan 100%, Biosolar lebih cepat dibanding dengan B15 (Kemiri Sunan) dan B20 (Kemiri Sunan) dengan selisih waktu 0,041 ms dan 0,025 ms. Pada keseluruhan pembebanan didapat Biosolar paling cepat dari pada Biodiesel Kemiri Sunan.

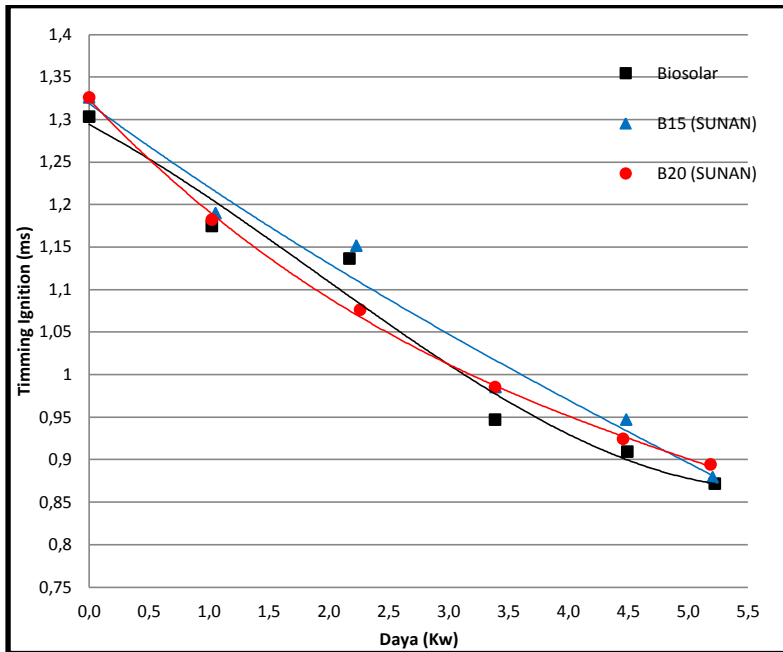
- Pada Kondisi RPM 2100



Gambar Lampiran 89 Grafik Analisa *Ignition Delay* Pada RPM 2100 Dari Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan).

Grafik diatas merupakan analisa *Ignition Delay* pada RPM 2100. Dari ketiga jenis bahan bakar didapatkan bahwa B20 (Kemiri Sunan) merupakan jenis bahan bakar yang paling cepat dalam waktu *ignition delay* pada kondisi pembebanan 100%, Biosolar lebih cepat dibanding dengan B15 (Kemiri Sunan) dan B20 (Kemiri Sunan) dengan selisih waktu 0,023 ms dan 0,016 ms. Pada keseluruhan pembebanan didapat Biosolar paling cepat dari pada Biodiesel Kemiri Sunan.

- Pada Kondisi RPM 2200



Gambar Lampiran 90 Grafik Analisa *Ignition Delay* Pada RPM 2200 Dari Jenis Bahan Bakar Biosolar, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan).

Grafik diatas merupakan analisa *Ignition Delay* pada RPM 2200. Dari ketiga jenis bahan bakar didapatkan bahwa B15 (Kemiri Sunan) merupakan jenis bahan bakar yang paling cepat dalam waktu *ignition delay* pada kondisi pembebanan 100%, Biosolar lebih cepat dibanding dengan B15 (Kemiri Sunan) dan B20 (Kemiri Sunan) dengan selisih waktu 0,038 ms dan 0,015 ms.

## 5. RUMUS PERHITUNGAN *ENGINE* PERFORMANSI

### - Daya Motor

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian dari daya itu adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu.

$$P = \frac{V \times I \times \cos \emptyset}{Eff_{Gen} \times Eff_{Slip}}$$

Dimana:

P	: daya (kW)
V	: tegangan listrik (Volt)
I	: arus listrik (Ampere)
Cos $\emptyset$	: 0,9
Eff Gen	: efisiensi generator (0,85)
Eff Slip	: efisiensi Slip

### - Specific Fuel Oil Consumption (SFOC)

Konsumsi bahan bakar spesifik atau specific fuel consumption (SFOC) adalah parameter unjuk kerja mesin yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah mesin, karena dengan mengetahui hal ini dapat dihitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu.

$$FCR = \frac{v \times \rho}{t}$$

Dimana:

FCR	: laju aliran bahan bakar (gr/h)
$\rho$	: massa jenis bahan bakar (gr/m <sup>3</sup> )
v	: volume bahan bakar (m <sup>3</sup> )
t	: waktu yang diperlukan menghabiskan bahan bakar sebanyak 10ml (h)

$$SFOC = \frac{SFC}{P}$$

Dimana:

SFOC : konsumsi spesifik bahan bakar (g/kWh)  
 FCR : laju aliran bahan bakar (gr/h)  
 P : daya (Kw)

- **Torsi**

Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya.

$$T = \frac{P \times 60000}{2\pi \times rpm}$$

Dimana:

T : torsi (Nm)  
 P : daya (kW)  
 rpm : putaran motor diesel (rpm)

- **BMEP (*Break Main Effective Pressure*)**

Tekanan efektif rata –rata didefinisikan sebagai tekanan efektif dari fluida kerja terhadap torak sepanjang langkahnya untuk menghasilkan kerja persiklus.

$$BMEP = \frac{P \times Z \times 1000}{V \times 2 \times 3,14 \times rps \times i}$$

Dimana :

BMEP : tekanan efektif rata-rata (N/m<sup>2</sup>)  
 P : daya (kw)  
 Z : konstanta 2 untuk 4-stroke  
 V : volume langkah (m<sup>3</sup>)  
 I : jumlah silinder

### **Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ )**

Efisiensi termal menyatakan perbandingan antara daya yang dihasilkan terhadap jumlah energi bahan bakar yang diperlukan untuk jangka waktu tertentu.

$$\eta_{th} = \frac{P \times 100000}{FCR \times LHV} \times 100\%$$

Dimana :

$\eta_{th}$	= efisiensi thermal
P	= daya (kw)
FCR	= laju aliran bahan bakar (gr/h)
LHV	= <i>low heating value</i> (j/kg)



## HASIL UJI PEFORMANSI MOTOR DIESEL

**Tabel Lampiran 4. Hasil Percobaan Peformansi Motor Diesel Pada Bahan Bakar Pertamina DEX**

Putaran Engine		Beban (watt)	Putaran Aluminator (Rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m3)	Waktu (Menit)	Waktu (Detik)	Waktu (Jam)	Densitas (gr/m3)	Efisiensi Slip (%)	Daya (Kw)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m2)	LHV (J/kg)	Eff. Thermal (%)
(rpm) kontrol	(rpm) aktual			Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)													
1800	1811	0	1312	163	0	0,00001	1,763	105,8	0,0294	830000	0,9925	0,0000	282,4197	0,0000	0,0000	0,00	42537888	0,0000
1800	1810	1000	1308	183	3,5	0,00001	1,070	64,2	0,0178	830000	0,9900	0,6850	465,4206	679,4423	3,6138	14660,51	42537888	12,4559
1800	1815	2000	1310	193	7,5	0,00001	0,795	47,7	0,0133	830000	0,9888	1,5500	626,4151	404,1432	8,1816	33191,21	42537888	20,9407
1800	1805	3000	1299	190	11,2	0,00001	0,622	37,3	0,0104	830000	0,9859	2,2853	801,0724	350,5331	12,0298	48802,35	42537888	24,1433
1800	1806	4000	1296	189	15,1	0,00001	0,475	28,5	0,0079	830000	0,9831	3,0737	1048,4211	341,0996	16,2693	66001,22	42537888	24,8111
1800	1804	4500	1290	183	16,6	0,00001	0,440	26,4	0,0073	830000	0,9797	3,2833	1131,8182	344,7209	17,3693	70463,78	42537888	24,5504
1800	1805	5000	1292	185	18,7	0,00001	0,378	22,7	0,0063	830000	0,9806	3,7353	1316,2996	352,3901	19,7827	80254,46	42537888	24,0161
1900	1917	0	1388	180	0	0,00001	1,575	94,5	0,0263	830000	0,9919	0,0000	316,1905	0,0000	0,0000	0,00	42537888	0,0000
1900	1908	1000	1381	198	3,6	0,00001	1,077	64,6	0,0179	830000	0,9916	0,7611	462,5387	607,7048	3,7934	15388,91	42537888	13,9262
1900	1901	2000	1372	202	7,7	0,00001	0,742	44,5	0,0124	830000	0,9888	1,6656	671,4607	403,1322	8,3404	33835,25	42537888	20,9932
1900	1905	3000	1370	201	11,7	0,00001	0,568	34,1	0,0095	830000	0,9852	2,5273	876,2463	346,7104	12,7019	51529,02	42537888	24,4095
1900	1910	4000	1370	201	15,7	0,00001	0,435	26,1	0,0073	830000	0,9827	3,4003	1144,8276	336,6887	17,0533	69181,70	42537888	25,1361
1900	1907	4500	1366	196	17,3	0,00001	0,410	24,6	0,0068	830000	0,9813	3,6585	1214,6341	332,0017	18,3005	74241,46	42537888	25,4910
1900	1905	5000	1360	196	19,3	0,00001	0,348	20,9	0,0058	830000	0,9781	4,0952	1429,6651	349,1096	20,5170	83233,17	42537888	24,2418
2000	2008	0	1453	194	0	0,00001	1,543	92,6	0,0257	830000	0,9913	0,0000	322,6782	0,0000	0,0000	0,00	42537888	0,0000
2000	2005	1000	1449	211	3,8	0,00001	1,002	60,1	0,0167	830000	0,9901	0,8575	497,1714	579,8172	4,0798	16551,07	42537888	14,5961
2000	2003	2000	1443	215	8	0,00001	0,710	42,6	0,0118	830000	0,9870	1,8452	701,4085	380,1237	8,7927	35670,27	42537888	22,2639
2000	2003	3000	1439	213	12	0,00001	0,530	31,8	0,0088	830000	0,9842	2,7497	939,6226	401,7193	13,1158	53208,10	42537888	24,7661
2000	2013	4000	1440	215	16,2	0,00001	0,407	24,4	0,0068	830000	0,9800	3,7630	1224,5902	325,4266	17,9493	72816,79	42537888	26,0060
2000	2006	4500	1436	210	18	0,00001	0,365	21,9	0,0061	830000	0,9807	4,0810	1364,3836	334,3222	19,3695	78578,22	42537888	25,3140
2000	2011	5000	1435	208	20,1	0,00001	0,315	18,9	0,0053	830000	0,9776	4,5282	1580,9524	349,1373	21,5667	87491,59	42537888	24,2399
2100	2110	0	1528	214	0	0,00001	1,507	90,4	0,0251	830000	0,9921	0,0000	330,5310	0,0000	0,0000	0,00	42537888	0,0000
2100	2112	1000	1527	226	3,9	0,00001	0,935	56,1	0,0156	830000	0,9905	0,9422	532,6203	565,3102	4,2662	17307,05	42537888	14,9706
2100	2101	2000	1513	230	8,3	0,00001	0,703	42,2	0,0117	830000	0,9866	2,0488	708,0569	345,5987	9,2682	37599,05	42537888	24,4881
2100	2103	3000	1507	231	12,5	0,00001	0,505	30,3	0,0084	830000	0,9817	3,1142	986,1386	316,6554	14,1617	57451,27	42537888	26,7263
2100	2105	4000	1506	227	16,7	0,00001	0,388	23,3	0,0065	830000	0,9802	4,0952	1282,4034	313,1498	18,6048	75475,83	42537888	27,0255
2100	2110	4500	1511	224	18,6	0,00001	0,370	22,2	0,0062	830000	0,9811	4,4966	1345,9459	299,3268	20,4090	82795,08	42537888	28,2736
2100	2105	5000	1505	220	20,6	0,00001	0,293	17,6	0,0049	830000	0,9795	4,8990	1697,7273	346,5448	22,1829	89991,35	42537888	24,4212
2200	2209	0	1600	231	0	0,00001	1,372	82,3	0,0229	830000	0,9923	0,0000	363,0620	0,0000	0,0000	0,00	42537888	0,0000
2200	2201	1000	1590	239	4	0,00001	0,857	51,4	0,0143	830000	0,9897	1,0228	581,3230	568,3733	4,4236	17945,80	42537888	14,8899
2200	2201	2000	1589	239	8,5	0,00001	0,562	33,7	0,0094	830000	0,9891	2,1748	886,6469	407,6944	9,4403	38297,52	42537888	20,7583
2200	2206	3000	1583	244	12,9	0,00001	0,443	26,6	0,0074	830000	0,9831	3,3901	1123,3083	331,3537	14,7156	59698,28	42537888	25,5408
2200	2209	4000	1581	242	17,2	0,00001	0,337	20,2	0,0056	830000	0,9805	4,4948	1479,2079	329,0929	19,4669	78973,22	42537888	25,7163
2200	2210	4500	1578	236	19,2	0,00001	0,290	17,4	0,0048	830000	0,9782	4,9046	1717,2414	350,1304	21,2128	86055,87	42537888	24,1711
2200	2165	5000	1547	230	21	0,00001	0,203	12,2	0,0034	830000	0,9789	5,2242	2449,1803	468,8167	22,5848	91622,08	42537888	18,0519

## HASIL UJI PEFORMANSI MOTOR DIESEL

**Tabel Lampiran 5. Hasil Percobaan Peformansi Motor Diesel Pada Bahan Bakar Biosolar**

Putaran Engine		Beban (watt)	Putaran Aluminator (Rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m3)	Waktu (Menit)	Waktu (Detik)	Waktu (Jam)	Densitas (gr/m3)	Efisiensi Slip (%)	Daya (Kw)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m2)	LHV (J/kg)	Eff. Thermal (%)
(rpm) kontrol	(rpm) aktual			Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)													
1800	1805	0	1307	150	0	0,00001	1,768	106,1	0,0295	834000	0,9920	0,0000	282,9783	0,0000	0,0000	0,00	41995540	0,0000
1800	1810	1000	1307	178	3,4	0,00001	1,175	70,5	0,0196	834000	0,9893	0,6477	425,8723	657,4678	3,4191	13870,78	41995540	13,0384
1800	1812	2000	1305	187	7,4	0,00001	0,868	52,1	0,0145	834000	0,9867	1,4850	576,2764	388,0671	7,8299	31764,39	41995540	22,0898
1800	1811	3000	1301	188	11,2	0,00001	0,642	38,5	0,0107	834000	0,9842	2,2653	779,8442	344,2610	11,9507	48481,53	41995540	24,9007
1800	1812	4000	1301	189	15	0,00001	0,492	29,5	0,0082	834000	0,9836	3,0517	1017,7627	333,5105	16,0905	65275,99	41995540	25,7034
1800	1814	4500	1305	190	16,8	0,00001	0,437	26,2	0,0073	834000	0,9856	3,4292	1145,9542	334,1755	18,0612	73270,65	41995540	25,6522
1800	1804	5000	1290	182	18,5	0,00001	0,390	23,4	0,0065	834000	0,9797	3,6391	1283,0769	352,5817	19,2729	78186,38	41995540	24,3131
1900	1914	0	1383	168	0	0,00001	1,758	105,5	0,0293	834000	0,9899	0,0000	284,5877	0,0000	0,0000	0,00	41995540	0,0000
1900	1913	1000	1383	194	3,6	0,00001	1,065	63,9	0,0178	834000	0,9904	0,7466	469,8592	629,3144	3,7289	15127,24	41995540	13,6217
1900	1908	2000	1376	202	7,7	0,00001	0,847	50,8	0,0141	834000	0,9880	1,6669	591,0236	354,5682	8,3468	33861,12	41995540	24,1768
1900	1912	3000	1374	204	11,7	0,00001	0,578	34,7	0,0096	834000	0,9845	2,5670	865,2450	337,0690	12,8270	52036,37	41995540	25,4320
1900	1908	4000	1372	200	15,6	0,00001	0,448	26,9	0,0075	834000	0,9851	3,3534	1116,1338	332,8391	16,7917	68120,56	41995540	25,7552
1900	1917	4500	1372	196	17,4	0,00001	0,412	24,7	0,0069	834000	0,9805	3,6828	1215,5466	330,0618	18,3546	74461,01	41995540	25,9719
1900	1907	5000	1362	194	19,3	0,00001	0,343	20,6	0,0057	834000	0,9785	4,0517	1457,4757	359,7209	20,2991	82349,25	41995540	23,8305
2000	2008	0	1453	191	0	0,00001	1,692	101,5	0,0282	834000	0,9913	0,0000	295,8030	0,0000	0,0000	0,00	41995540	0,0000
2000	2003	1000	1448	207	3,7	0,00001	1,038	62,3	0,0173	834000	0,9904	0,8188	481,9262	588,5631	3,9057	15844,60	41995540	14,5649
2000	2003	2000	1443	215	8	0,00001	0,765	45,9	0,0128	834000	0,9870	1,8452	654,1176	354,4947	8,8015	35705,89	41995540	24,1819
2000	2011	3000	1446	217	12	0,00001	0,532	31,9	0,0089	834000	0,9851	2,7989	941,1912	336,2715	13,2974	53944,90	41995540	25,4923
2000	2011	4000	1443	214	16,2	0,00001	0,403	24,2	0,0067	834000	0,9830	3,7340	1240,6612	332,2581	17,7401	71968,12	41995540	25,8002
2000	2002	4500	1438	209	17,9	0,00001	0,357	21,4	0,0059	834000	0,9840	4,0254	1402,9907	348,5357	19,2103	77932,41	41995540	24,5953
2000	2002	5000	1430	208	20	0,00001	0,312	18,7	0,0052	834000	0,9786	4,5012	1605,5615	356,6996	21,4809	87143,50	41995540	24,0324
2100	2102	0	1523	213	0	0,00001	1,500	90	0,0250	834000	0,9926	0,0000	333,6000	0,0000	0,0000	0,00	41995540	0,0000
2100	2110	1000	1524	226	3,9	0,00001	0,947	56,8	0,0158	834000	0,9895	0,9431	528,5915	560,4626	4,2705	17324,70	41995540	15,2951
2100	2107	2000	1518	230	8,3	0,00001	0,693	41,6	0,0116	834000	0,9870	2,0479	721,7308	352,4305	9,2860	37671,41	41995540	24,3235
2100	2105	3000	1513	230	12,6	0,00001	0,487	29,2	0,0081	834000	0,9847	3,1161	1028,2192	329,9675	14,1434	57376,91	41995540	25,9793
2100	2105	4000	1507	227	16,7	0,00001	0,372	22,3	0,0062	834000	0,9808	4,0925	1346,3677	328,9876	18,5748	75354,08	41995540	26,0567
2100	2109	4500	1510	225	18,7	0,00001	0,362	21,7	0,0060	834000	0,9809	4,5418	1383,5945	304,6366	20,5751	83468,94	41995540	28,1396
2100	2102	5000	1502	222	20,7	0,00001	0,283	17	0,0047	834000	0,9789	4,9704	1766,1176	355,3289	22,5917	91649,71	41995540	24,1251
2200	2205	0	1596	230	0	0,00001	1,398	83,9	0,0233	834000	0,9916	0,0000	357,8546	0,0000	0,0000	0,00	41995540	0,0000
2200	2212	1000	1593	240	4,1	0,00001	0,847	50,8	0,0141	834000	0,9866	1,0560	591,0236	559,6769	4,5611	18503,63	41995540	15,3166
2200	2205	2000	1590	242	8,6	0,00001	0,612	36,7	0,0102	834000	0,9879	2,2306	818,0926	366,7534	9,6652	39209,78	41995540	23,3736
2200	2207	3000	1588	243	13	0,00001	0,442	26,5	0,0074	834000	0,9858	3,3932	1132,9811	333,9014	14,6891	59590,47	41995540	25,6733
2200	2202	4000	1575	240	17,3	0,00001	0,348	20,9	0,0058	834000	0,9799	4,4864	1436,5550	320,2028	19,4658	78968,61	41995540	26,7716
2200	2203	4500	1573	234	19,2	0,00001	0,282	16,9	0,0047	834000	0,9782	4,8630	1776,5680	365,3221	21,0903	85559,07	41995540	23,4652
2200	2164	5000	1545	228	21,1	0,00001	0,208	12,5	0,0035	834000	0,9781	5,2077	2401,9200	461,2214	22,9924	93275,27	41995540	18,5862

## HASIL UJI PEFORMANSI MOTOR DIESEL

**Tabel Lampiran 6. Hasil Percobaan Peformansi Motor Diesel Pada Bahan Bakar B15 (Kemiri Sunan)**

Putaran Engine		Beban (watt)	Putaran Aluminator (Rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m3)	Waktu (Menit)	Waktu (Detik)	Waktu (Jam)	Densitas (gr/m3)	Efisiensi Slip (%)	Daya (Kw)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m2)	LHV (J/kg)	Eff. Thermal (%)
(rpm) kontrol	(rpm) aktual			Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)													
1800	1804	0	1309	160	0	0,00001	1,608	96,5	0,0268	837500	0,9941	0,0000	312,4352	0,0000	0,0000	0,00	42514164	0,0000
1800	1802	1000	1302	182	3,5	0,00001	1,085	65,1	0,0181	837500	0,9899	0,6814	463,1336	679,7044	3,6126	14655,69	42514164	12,4580
1800	1802	2000	1298	189	7,4	0,00001	0,698	41,9	0,0116	837500	0,9868	1,5006	719,5704	479,5089	7,9563	32277,25	42514164	17,6592
1800	1805	3000	1301	193	11,3	0,00001	0,590	35,4	0,0098	837500	0,9875	2,3385	851,6949	364,2046	12,3781	50215,31	42514164	23,2500
1800	1805	4000	1295	189	15	0,00001	0,465	27,9	0,0078	837500	0,9829	3,0540	1080,6452	353,8503	16,1651	65578,43	42514164	23,9304
1800	1802	4500	1293	184	16,6	0,00001	0,428	25,7	0,0071	837500	0,9830	3,2899	1173,1518	356,5899	17,4430	70762,81	42514164	23,7465
1800	1804	5000	1290	184	18,6	0,00001	0,355	21,3	0,0059	837500	0,9797	3,6990	1415,4930	382,6724	19,5901	79472,84	42514164	22,1280
1900	1901	0	1376	177	0	0,00001	1,488	89,3	0,0248	837500	0,9916	0,0000	337,6260	0,0000	0,0000	0,00	42514164	0,0000
1900	1905	1000	1379	196	3,6	0,00001	1,005	60,3	0,0168	837500	0,9917	0,7533	500,0000	663,7090	3,7782	15327,52	42514164	12,7583
1900	1904	2000	1374	203	7,7	0,00001	0,778	46,7	0,0130	837500	0,9886	1,6741	645,6103	385,6563	8,4003	34078,28	42514164	21,9568
1900	1906	3000	1372	205	11,7	0,00001	0,557	33,4	0,0093	837500	0,9862	2,5752	902,6946	350,5333	12,9086	52367,68	42514164	24,1568
1900	1902	4000	1362	201	15,5	0,00001	0,433	26	0,0072	837500	0,9810	3,3625	1159,6154	344,8655	16,8906	68521,73	42514164	24,5538
1900	1901	4500	1359	196	17,3	0,00001	0,407	24,4	0,0068	837500	0,9794	3,6658	1235,6557	337,0774	18,4237	74741,26	42514164	25,1211
1900	1901	5000	1357	195	19,3	0,00001	0,353	21,2	0,0059	837500	0,9780	4,0747	1422,1698	349,0232	20,4789	83078,72	42514164	24,2613
2000	2002	0	1447	195	0	0,00001	1,427	85,6	0,0238	837500	0,9902	0,0000	352,2196	0,0000	0,0000	0,00	42514164	0,0000
2000	2001	1000	1446	208	3,7	0,00001	0,945	56,7	0,0158	837500	0,9900	0,8231	531,7460	646,0370	3,9300	15943,16	42514164	13,1072
2000	2003	2000	1443	216	8	0,00001	0,687	41,2	0,0114	837500	0,9870	1,8538	731,7961	394,7560	8,8424	35871,96	42514164	21,4506
2000	1999	3000	1436	217	12	0,00001	0,528	31,7	0,0088	837500	0,9842	2,8016	951,1041	339,4890	13,3900	54320,56	42514164	24,9427
2000	2000	4000	1433	214	16,1	0,00001	0,408	24,5	0,0068	837500	0,9816	3,7164	1230,6122	331,1271	17,7537	72022,99	42514164	25,5726
2000	2000	4500	1431	209	17,9	0,00001	0,373	22,4	0,0062	837500	0,9802	4,0410	1345,9821	333,0785	19,3043	78313,64	42514164	25,4227
2000	1999	5000	1427	208	19,9	0,00001	0,318	19,1	0,0053	837500	0,9780	4,4813	1578,5340	352,2457	21,4184	86890,07	42514164	24,0394
2100	2101	0	1523	214	0	0,00001	1,388	83,3	0,0231	837500	0,9931	0,0000	361,9448	0,0000	0,0000	0,00	42514164	0,0000
2100	2101	1000	1516	224	3,9	0,00001	0,925	55,5	0,0154	837500	0,9885	0,9357	543,2432	580,5663	4,2551	17262,00	42514164	14,5854
2100	2103	2000	1516	230	8,3	0,00001	0,648	38,9	0,0108	837500	0,9876	2,0467	775,0643	378,6942	9,2983	37721,11	42514164	22,3604
2100	2104	3000	1509	230	12,5	0,00001	0,478	28,7	0,0080	837500	0,9826	3,0981	1050,5226	339,0846	14,0684	57072,42	42514164	24,9724
2100	2103	4000	1507	227	16,7	0,00001	0,352	21,1	0,0059	837500	0,9817	4,0886	1428,9118	349,4890	18,5748	75354,08	42514164	24,2290
2100	2102	4500	1503	223	18,5	0,00001	0,345	20,7	0,0058	837500	0,9796	4,4592	1456,5217	326,6357	20,2681	82223,38	42514164	25,9242
2100	2105	5000	1505	222	20,6	0,00001	0,270	16,2	0,0045	837500	0,9795	4,9435	1861,1111	376,4727	22,4377	91025,15	42514164	22,4924
2200	2204	0	1601	230	0	0,00001	1,348	80,9	0,0225	837500	0,9952	0,0000	372,6823	0,0000	0,0000	0,00	42514164	0,0000
2200	2200	1000	1591	240	4	0,00001	0,825	49,5	0,0138	837500	0,9908	1,0260	609,0909	593,6840	4,4555	18075,02	42514164	14,2631
2200	2201	2000	1584	245	8,6	0,00001	0,563	33,8	0,0094	837500	0,9860	2,2627	892,0118	394,2196	9,8221	39846,21	42514164	21,4798
2200	2202	3000	1580	244	12,9	0,00001	0,385	23,1	0,0064	837500	0,9830	3,3903	1305,1948	384,9750	14,7101	59676,06	42514164	21,9956
2200	2199	4000	1574	240	17,2	0,00001	0,310	18,6	0,0052	837500	0,9806	4,4572	1620,9677	363,6731	19,3655	78562,02	42514164	23,2840
2200	2199	4500	1570	235	19,1	0,00001	0,283	17	0,0047	837500	0,9781	4,8588	1773,5294	365,0132	21,1104	85640,52	42514164	23,1985
2200	2170	5000	1554	229	21	0,00001	0,187	11,2	0,0031	837500	0,9811	5,1900	2691,9643	518,6839	22,8506	92700,37	42514164	16,3255

# HASIL UJI PEFORMANSI MOTOR DIESEL

Tabel Lampiran 7. Hasil Percobaan Peformansi Motor Diesel Pada Bahan Bakar B20 (Kemiri Sunan)

Putaran Engine		Beban (watt)	Putaran Aluminator (Rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m3)	Waktu (Menit)	Waktu (Detik)	Waktu (Jam)	Densitas (gr/m3)	Efisiensi i Slip (%)	Daya (Kw)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m2)	LHV (J/kg)	Eff. Thermal (%)
(rpm) kontrol	(rpm) aktual			Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)													
1800	1800	0	1303	142	0	0,00001	1,568	94,1	0,0261	840000	0,9917	0,0000	321,3603	0,0000	0,0000	0,00	42506255,46	0,0000
1800	1799	1000	1301	179	3,4	0,00001	1,188	71,3	0,0198	840000	0,9908	0,6504	424,1234	652,0838	3,4542	14013,04	42506255,46	12,9881
1800	1801	2000	1299	187	7,4	0,00001	0,900	54	0,0150	840000	0,9881	1,4828	560,0000	377,6653	7,8661	31911,11	42506255,46	22,4255
1800	1805	3000	1301	190	11,2	0,00001	0,658	39,5	0,0110	840000	0,9875	2,2818	765,5696	335,5136	12,0778	48997,29	42506255,46	25,2429
1800	1804	4000	1295	189	15	0,00001	0,502	30,1	0,0084	840000	0,9835	3,0523	1004,6512	329,1489	16,1651	65578,43	42506255,46	25,7310
1800	1805	4500	1294	190	16,6	0,00001	0,450	27	0,0075	840000	0,9821	3,4002	1120,0000	329,3900	17,9979	73013,83	42506255,46	25,7122
1800	1801	5000	1292	184	18,6	0,00001	0,393	23,6	0,0066	840000	0,9828	3,6871	1281,3559	347,5240	19,5597	79349,82	42506255,46	24,3705
1900	1904	0	1377	173	0	0,00001	1,540	92,4	0,0257	840000	0,9908	0,0000	327,2727	0,0000	0,0000	0,00	42506255,46	0,0000
1900	1903	1000	1376	195	3,6	0,00001	1,122	67,3	0,0187	840000	0,9906	0,7503	449,3314	598,8337	3,7672	15282,57	42506255,46	14,1431
1900	1902	2000	1373	202	7,6	0,00001	0,820	49,2	0,0137	840000	0,9890	1,6436	614,6341	373,9459	8,2564	33494,39	42506255,46	22,6486
1900	1903	3000	1367	204	11,6	0,00001	0,598	35,9	0,0100	840000	0,9841	2,5460	842,3398	330,8460	12,7825	51855,80	42506255,46	25,5990
1900	1901	4000	1364	201	15,5	0,00001	0,453	27,2	0,0076	840000	0,9830	3,3558	1111,7647	331,2946	16,8658	68421,26	42506255,46	25,5644
1900	1900	4500	1360	197	17,2	0,00001	0,423	25,4	0,0071	840000	0,9806	3,6586	1190,5512	325,4136	18,3971	74633,44	42506255,46	26,0264
1900	1900	5000	1360	196	19,2	0,00001	0,337	20,2	0,0056	840000	0,9806	4,0633	1497,0297	368,4304	20,4321	82888,85	42506255,46	22,9876
2000	2005	0	1453	193	0	0,00001	1,452	87,1	0,0242	840000	0,9928	0,0000	347,1871	0,0000	0,0000	0,00	42506255,46	0,0000
2000	2002	1000	1448	210	3,7	0,00001	1,023	61,4	0,0171	840000	0,9909	0,8303	492,5081	593,1901	3,9623	16074,23	42506255,46	14,2776
2000	2003	2000	1445	217	7,9	0,00001	0,738	44,3	0,0123	840000	0,9883	1,8366	682,6185	371,6851	8,7602	35538,30	42506255,46	22,7863
2000	2002	3000	1439	217	12	0,00001	0,547	32,8	0,0091	840000	0,9847	2,7999	921,9512	329,2764	13,3621	54207,31	42506255,46	25,7211
2000	2003	4000	1434	214	16,1	0,00001	0,420	25,2	0,0070	840000	0,9808	3,7194	1200,0000	322,6315	17,7413	71972,77	42506255,46	26,2508
2000	2005	4500	1432	210	17,8	0,00001	0,383	23	0,0064	840000	0,9785	4,0450	1314,7826	325,0426	19,2748	78194,10	42506255,46	26,0561
2000	2003	5000	1428	209	19,9	0,00001	0,315	18,9	0,0053	840000	0,9767	4,5087	1600,0000	354,8664	21,5063	87246,67	42506255,46	23,8663
2100	2105	0	1510	212	0	0,00001	1,383	83	0,0231	840000	0,9828	0,0000	364,3373	0,0000	0,0000	0,00	42506255,46	0,0000
2100	2199	1000	1516	226	3,9	0,00001	1,013	60,8	0,0169	840000	0,9445	0,9881	497,3684	503,3570	4,2931	17416,13	42506255,46	16,8257
2100	2102	2000	1517	230	8,2	0,00001	0,673	40,4	0,0112	840000	0,9887	2,0197	748,5149	370,6027	9,1802	37242,07	42506255,46	22,8529
2100	2101	3000	1511	231	12,4	0,00001	0,508	30,5	0,0085	840000	0,9853	3,0782	991,4754	322,0948	13,9979	56786,74	42506255,46	26,2946
2100	2102	4000	1505	227	16,6	0,00001	0,390	23,4	0,0065	840000	0,9809	4,0676	1292,3077	317,7114	18,4881	75002,40	42506255,46	26,6573
2100	2104	4500	1507	226	18,5	0,00001	0,353	21,2	0,0059	840000	0,9813	4,5114	1426,4151	316,1770	20,4862	83108,34	42506255,46	26,7867
2100	2100	5000	1497	221	20,5	0,00001	0,285	17,1	0,0048	840000	0,9766	4,9119	1768,4211	360,0303	22,3470	90657,14	42506255,46	23,5240
2200	2200	0	1593	228	0	0,00001	1,203	72,2	0,0201	840000	0,9920	0,0000	418,8366	0,0000	0,0000	0,00	42506255,46	0,0000
2200	2200	1000	1588	239	4	0,00001	0,837	50,2	0,0139	840000	0,9889	1,0236	602,3904	588,4980	4,4453	18033,31	42506255,46	14,3915
2200	2204	2000	1586	244	8,5	0,00001	0,602	36,1	0,0100	840000	0,9859	2,2275	837,6731	376,0576	9,6561	39172,68	42506255,46	22,5214
2200	2205	3000	1583	245	12,9	0,00001	0,408	24,5	0,0068	840000	0,9835	3,4024	1234,2857	362,7682	14,7424	59807,08	42506255,46	23,3464
2200	2204	4000	1576	240	17,2	0,00001	0,340	20,4	0,0057	840000	0,9796	4,4617	1482,3529	332,2412	19,3410	78462,33	42506255,46	25,4915
2200	2200	4500	1572	236	19,1	0,00001	0,303	18,2	0,0051	840000	0,9789	4,8755	1661,5385	340,7939	21,1732	85895,52	42506255,46	24,8518
2200	2187	5000	1561	232	21,1	0,00001	0,205	12,3	0,0034	840000	0,9779	5,3005	2458,5366	463,8284	23,1559	93938,85	42506255,46	18,2596

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan proses pembuatan biodiesel yang didapatkan kandungan *properties* Kemiri Sunan beserta pengaruh dalam performansi dan proses pembakaran motor diesel, maka dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil uji *properties* biodiesel Kemiri Sunan, telah didapatkan bahwa kandungan *properties* yang dihasilkan sebagian telah memenuhi standar dari biodiesel nasional yang ditetapkan. Hanya saja untuk nilai viskositas dan kandungan air dari B100 Kemiri Sunan kurang memenuhi standar, dimana nilai yang telah ditentukan untuk viskositas 2,3 sampai 6 cst. Pada kandungan air nilai standar telah ditentukan dengan nilai maksimal 0,05% volume. Nilai viskositas dan kandungan air yang tinggi disebabkan karena adanya kesalahan langkah-langkah serta kadar komposisi katalis dalam proses pembuatan biodiesel sehingga menghasilkan nilai viskositas sebesar 8,23 cst dan nilai kandungan air biodiesel 0,11% vol.
2. Hasil proses pembakaran yang dapat diketahui dari variabel diantaranya sebagai berikut:
  - a) Untuk perbandingan *preassure* diantara ketiga bahan bakar yang berada di puncak tertinggi hingga terendah tekanan maksimalnya adalah bahan bakar B15, B20 dan Biosolar .
  - b) Untuk perbandingan diantara ketiga bahan bakar yang paling tinggi produksi energi panasnya hingga yang paling rendah produksi energi panasnya adalah bahan bakar B15, B20 dan Biosolar .
  - c) Untuk perbandingan diantara ketiga bahan bakar yang paling lama waktu penginjeksiannya hingga paling cepat waktu penginjeksiannya bahan bakar B15, B20 dan Biosolar .

- d) Untuk Knocking Detection, dari ketida bahan bakar biosolar, B15 (Kemiri Sunan) dan B20 (Kemiri Sunan). Biosolar yang paling berpotensi untuk terjadi Knocing.
3. Hasil proses uji performansi yang dapat diketahui dari 4 variabel diantaranya sebagai berikut:
- a) Semakin besar putaran mesin, maka semakin besar daya yang bekerja pada mesin. Daya maksimum dicapai pada posisi RPM 2100 dengan menghasilkan daya sebesar 4,5 Kw . Pada penelitian ini, Jenis bahan bakar yang menghasilkan daya paling besar yaitu biosolar kemudian disusu dengan B20 (Kemiri Sunan) kemudian B15 (Kemiri Sunan).
  - b) Torsi didapatkan perhitungan dari daya, sehingga dapat disimpulkan bahwa torsi maksimum juga dicapai pada posisi RPM 2100 dengan menghasilkan torsi sebesar 82992 N/. Pada penelitian ini, Jenis bahan bakar yang menghasilkan torsi paling besar yaitu biosolar kemudian disusu dengan B20 (Kemiri Sunan) kemudian B15 (Kemiri Sunan). BMEP juga didapatkan perhitungan sama dengan daya dan torsi. Sehingga dihasilkan kesimpulan bahan bakar yang menghasilkan BMEP paling besar adalah biosolar kemudian disusu dengan B20 (Kemiri Sunan) kemudian B15 (Kemiri Sunan).
  - c) SFOC pada uji performansi dihasilkan bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai SFOC yang didapatkan semakin rendah. Namun, pada RPM 2200 SFOC mengalami peningkatan. Hal ini terjadi RPM *overload engine*. Pada penelitian ini, Jenis bahan bakar yang menghasilkan SFOC paling besar yaitu B15 (Kemiri Sunan). kemudian disusul dengan B20 (Kemiri Sunan). dan yang paling kecil nilai SFOC adalah Biosolar
  - d) Efisiensi thermal akan cenderung meningkat sebanding dengan tingginya putaran mesin. Semakin tinggi putaran maka semakin banyak langkah kerja mesin yang dibutuhkan. Pada penelitian ini, Jenis bahan bakar yang menghasilkan efisiensi thermal paling besar yaitu

Biosolar, kemudian disusul dengan B20 (Kemiri Sunan) kemudian B15 (Kemiri Sunan).

4. Dalam analisis proses pembakaran dan analisis performansi mesin dihasilkan bahwa Biodiesel Kemiri Sunan merupakan bahan bakar yang lebih banyak mengeluarkan energinya dibandingkan Biosolar .Hal tersebut ditunjukkan pada grafik Tekanan Maksimal (*Maximum Pressure*) yang paling tinggi. Tekanan tersebut disebabkan energi panas yang tinggi yang dapat dilihat pada grafik *Heat Release*. Waktu penginjeksian (*Ignition Delay*) yang lebih lambat dan knocking (*Knock Detection*) juga menjadi salah satu penyebab meningkatnya energi panas yang dihasilkan oleh bahan bakar ini.

#### **4.1.Saran**

1. Dari segi ekonomi, proses pembuatan biodiesel dari Kemiri Sunan sangat memerlukan biaya banyak. Hal ini dikarenakan untuk saat ini biji kemiri sunan masih dalam tahap budidaya dan belum diproduksi secara masal.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai gas emisi yang dihasilkan dari biodiesel Kemiri Sunan yang nantinya apakah emisi yang dihasilkan dari bahan bakar biodiesel Kemiri Sunan lebih rendah dari biosolar atau sebaliknya.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



## DAFTAR PUSTAKA

- Aunillah, Pranowo. 2012. *Karakteristik Biodiesel Kemiri Sunan (Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw) Menggunakan Proses Transesterifikasi Dua Tahap*. Buletin RISTRI 3 (3):193-200
- Candra, Putri. 2015. *Pemanfaatan (Baggase) Limbah Tebu Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel*. Indonesia
- Herman, Maman, Dkk. 2013. *Kemiri Sunan(Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw)Tanaman Penghasil Minyak Nabati dan Konservasi Lahan*. IAARD Press. Jakarta
- Havendri, 2008. *Kaji Eksperimental Prestasi dan Emisi GasBuang Motor Bakar Diesel Menggunakan Variasi Menggunakan Campuran Bahan Bakar Biodiesel Minyak Jarak (Jatropha Curcas L) Dengan Solar*, Jurnal Teknik. No. 28 Vol. 1 Thn.XV, hal 4 – 8. Padang
- Hariram. 2013. *Combustion Analisis Of Algal Oil Methylester In Direct Injection Compresision Ignition Engine*. India
- Nathasya.2008. *Sintesis Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Biji Kemiri (Aleurites moluccana) Hasil Eksteraksi Melalui Metode Ultrasonikimia*. UI, Depok
- Pranowo, Dibyo, Dkk. 2014. *Pembuatan Biodiesel dari Kemiri Sunan(Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw) dan Pemanfaatan Hasil Samping*. IAARD Press. Jakarta
- Prasetyo, Yudi. 2015. *Analisa Properties Biodiesel dari Umbi Porang(amarphopallus onchophilus) dan Pengaruhnya Terhadap Uji Peformansi Motor Diesel*. ITS, Surabaya.
- Paul. 2013. *Engine emissions and combustion analysis of biodiesel from East African countries*. South Africa

- Syafaruddin dan A. Wahyudi, 2012. *Potensi varietas unggul kemiri sunan sebagai sumber energi bahan bakar nabati*. Perspektif 11(1): 59-67.
- Zuhdi, Aguk M.F., Tris Buwono, dll. 2003. *"Biodiesel sebagai Alternatif Pengganti Bahan Bakar Fosil pada Motor Diesel"*. Laporan Riset – Riset Unggulan Terpadu VIII Bidang Teknologi Energi. Surabaya.

## BIODATA PENULIS



Penulis, Fiki Ardian Setio Budi dilahirkan di Jember pada tanggal 02 maret 1994. Penulis bertempat tinggal di Dusun Sulakdoro Desa Lojejer Kec. Wuluhan Kab Jember. Setelah lulus SMA Negeri Ambulu – Jember, penulis melanjutkan pendidikannya di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS pada tahun 2012 dan terdaftar sebagai mahasiswa aktif dengan NRP 4212 100 002.

Di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, penulis mengambil bidang studi Marine Power Plan (MPP). Selain mengikuti perkuliahan, penulis aktif sebagai staff RISTEK (Riset Teknologi) Himpunan Sistem Perkapalan pada tahun kepengurusan 2013/2014. Penulis juga aktif sebagai panitia acara perlombaan Teknik Sistem Perkapalan Skala Nasional (MARINE-ICON) selama 3 periode. Penulis Juga aktif di Komunitas yang ada di jurusan yang bernama METIC (Marine Teknologi Inovation Club).